corso di RADIOTECNICA

pubblicazione settimanale - 15 - 22 aprile 1961 un fascicolo lire 150 29° numero

corso di
RADIOTECNICA

settimanale a carattere culturale

Direzione, Amministrazione, Pubblicità:
Via dei Pellegrini 8/4 - Telef. 593.478
MILANO

Ogni fascicolo — contenente 3 lezioni — costa lire 150, acquistato alle edicole.

Se l'edicola risulta sprovvista, o si teme di rimanere privi di qualche numero, si chieda invio settimanale direttamente al proprio domicilio a mezzo abbonamento.

Il versamento per ricevere i 52 fascicoli costituenti l'intero Corso è di lire 6500 + I.G.E. = lire 6630. A mezzo vaglia postale, assegno bancario, o versamento sul conto corr. postale 3/41.203 del « Corso di RADIOTECNICA » - Via dei Pellegrini 8-4 - Milano. In ogni caso, scrivere in modo molto chiaro e completo il proprio indirizzo.

L'abbonamento può essere effettuato in qualsiasi momento; si intende comprensivo delle lezioni pubblicate e dà diritto a ricevere tali lezioni, che saranno inviate con unica spedizione.

Estero: abbonamento al Corso, Lit. 8.500. ($ 15). Numeri singoli Lit. 300 ($ 0,50).

Per i cambi di indirizzo durante lo svolgimento del Corso, unire lire 100, citando sempre il vecchio indirizzo.

Fascicoli singoli arretrati — se disponibili — possono essere ordinati a lire 300 cadauno.

Non si spedisce contrassegno.

Distribuzione alle edicole di tutta Italia: Diffus. Milanese . Via Soperga, 57 - Milano.

Direttore responsabile: Giulio Borgogno.

Autorizzaz. N. 5357 - Tribunale di Milano.

Stampa: Intergrafica S.r.l. - Cologno Monzese.

La Direzione non rivende materiale radio; essa può comunicare, se richiesta, indirizzi di Fabbricanti, Importatori, Grossisti ecc. in grado di fornire il necessario ed ai quali il lettore può rivolgersi direttamente.

Alla corrispondenza con richiesta di informazioni ecc. si prega allegare **sempre** il **francobollo per la risposta.**

Parte del testo e delle illustrazioni è dovuta alla collaborazione del Bureau of Naval Personnel, nonchè al Dept. of the Army and the Air Force - U.S.A.

A chi può essere utile questo Corso? Anzitutto — stante la sua impostazione — il Corso, basato sull'esposizione in forma a tutti accessibile, della radiotecnica, dai suoi elementi basilari alla evoluzione più recente, rappresenta la forma ideale per tutti coloro che intendono dedicarsi all'elettronica, sia come forma ricreativa sia — soprattutto — per l'acquisizione di una professione specializzata che possa procurare loro una posizione di privilegio in seno alla società odierna.

Anno per anno, la nostra civiltà si indirizza sempre più verso questa meravigliosa, si potrebbe dire fascinosa, elettronica, che nel modo più evidente consente sviluppi impensati, progressi grandiosi e una rapida evoluzione di tutti gli altri rami dello scibile che essa tocca e influenza.

L'industria, tutta l'industria, nel senso più ampio, da quella elettrotecnica a quella meccanica, alla metallurgica, alla chimica ecc., con i suoi laboratori di ricerca e le sue fabbriche richiede, e richiederà sempre più, con un ritmo rapidamente crescente, tecnici specializzati con conoscenza dell'elettronica, tecnici specificatamente elettronici e persino operai e impiegati di ogni ordine e categoria con cognizioni di elettronica.

Si può dire che anche le branche commerciali, quelle dei trasporti e persino quelle amministrative con le recenti introduzioni delle calcolatrici, abbisognano di personale che conosca i principi dell'elettronica, le macchine relative, il loro pieno sfruttamento, la eventuale riparazione ecc. e, quanto più in modo completo, quanto meglio.

Nasce, da una tale situazione, una logica conseguenza: per la scelta di una professione o di un mestiere, per un miglioramento della propria posizione sociale, per l'intrapresa di una libera attività o anche per la sola acquisizione di cognizioni che indubbiamente verranno oltremodo utili, è quanto mai opportuno riflettere se non sia conveniente dedicare un po' di tempo allo studio di questa scienza che ha tra l'altro il pregio di rendersi immediatamente attraente, concreta, accessibile e foriera di moltissime soddisfazioni.

A questo scopo appunto, e con questi intenti, è stato redatto questo Corso.

Non mancano invero altri corsi (specie per corrispondenza) o scuole di radiotecnica, nè mancano (sebbene siano in numero del tutto inadeguato) scuole statali o pareggiate ma la struttura e l'impostazione che caratterizzano queste 156 lezioni sono alquanto particolari, presentando non pochi vantaggi sulle diverse altre forme di cui si è detto.

Anzitutto vogliamo porre in evidenza **il fattore economico.**

Frequentare regolarmente, durante tutto l'anno, una scuola è certo il modo più logico — anche se non il più rapido — per apprendere ma, tralasciando il fatto che rarissimi sono gli Istituti di radiotecnica, è a tutti possibile dedicarsi esclusivamente, e per l'intero anno, allo studio? Noi riteniamo che chi può farlo costituisca oggi assai più l'eccezione che la regola. Ciò significa infatti poter disporre liberamente del proprio tempo senza avere la necessità di un contemporaneo guadagno: il nostro Corso permette a chiunque di studiare a casa propria, nelle ore libere dal lavoro, senza abbandonare o trascurare quest'ultimo. Ciò caratterizza invero anche altri corsi, ma il vantaggio economico diviene notevole ed evidentissimo se si considera che di fronte all'esborso, anche se rateale, di quasi 80.000 lire che i corsi per corrispondenza richiedono, seguendo il nostro Corso la spesa in un anno risulta di poco più di 7500 lire (150 lire alla settimana presso un'edicola) o di 6630 lire totali, con recapito postale, settimanale, delle lezioni a domicilio.

E' superfluo dire che la Modulazione di Frequenza, i transistori, i circuiti stampati, la trasmissione, il telecomando ecc. sono argomenti integrali del Corso e non costituiscono motivo di corsi speciali, aggiunti o particolari.

Le lezioni di questo Corso — a differenza di molte altre — non sono stampate con sistemi di dispensa, a ciclostile, o con sistemi più o meno analoghi, derivanti cioè da un originale battuto a macchina da scrivere; esse sono stampate in uno stabilimento grafico, con chiari caratteri tipografici da cui deriva una assai più agevole lettura e — fattore certamente di non secondaria importanza — un contenuto molto più ampio, corrispondendo una pagina a stampa a tre o quattro pagine di quelle citate. Il lettore avrà, alla fine del Corso, un volume di ben 1248 pagine di grande formato!

Chiunque, indipendentemente dall'età, dalla professione e dalle scuole compiute **può seguire il Corso.** Alle esposizioni teoriche si abbinano numerose, attraenti, istruttive ed utili descrizioni che consentono la realizzazione di ricevitori, amplificatori, strumenti vari e persino di trasmittenti su onde corte.

A questo proposito è sintomatico il fatto che la Direzione non vuole assolutamente assumere la fisionomia di un fornitore o commerciante di materiale radio, rivendendo agli allievi le parti necessarie. Il materiale occorrente l'interessato può acquistarlo dove e come meglio crede e, assai spesso anzi, già ne dispone. Viene così evitato l'acquisto forzoso, caratteristico più o meno di tutti gli altri corsi.

Anche chi è già radiotecnico, anche chi ha seguito o segue altri corsi troverà il massimo tornaconto in questo completo ed aggiornato lavoro. Molte nozioni, è logico, saranno note, altre un po' meno e sarà utile rinfrescarle, e il tutto infine costituirà un manuale di consultazione, prezioso tanto per la teoria esposta quanto per i numerosi schemi, per le tabelle, per i grafici, gli elenchi, i dati, il vocabolario dei termini ecc.

Concludendo, si può affermare che questo **Corso di Radiotecnica** oltre che come insegnamento graduale si presenta come **enciclopedia e rivista assieme** ciò che permette di formare — con modestissima spesa — **il più completo, ricco, utile e pratico volume di radiotecnica di cui sia dato oggigiorno disporre.**

CIRCUITI a TRANSISTORI

Una differenza notevole nei circuiti di impiego, tra le valvole ed i transistori, consiste — come abbiamo visto nelle lezioni precedenti — nei diversi valori di impedenza di ingresso e d'uscita. Mentre una valvola funziona normalmente con una polarizzazione *inversa* tra griglia e catodo (inversa nel senso che tale polarizzazione tende ad impedire il passaggio della corrente elettronica nel circuito di griglia), ossia con circuito di ingresso ad alta resistenza, la polarizzazione tra base ed emettitore di un transistore è in senso *favorevole*, ossia tale da dare un circuito di ingresso a bassa resistenza.

Analogamente, nei confronti del circuito di uscita, mentre la tensione di placca ha una polarità tale da favorire, anzi da provocare il passaggio della corrente, la polarizzazione del collettore è invece *inversa*.

La conseguenza di ciò è che, mentre una valvola ha un'alta impedenza di ingresso ed una bassa impedenza di uscita, nel caso del transistore si ha esattamente il contrario, ad eccezione — come vedremo — del circuito con collettore a massa. Possiamo facilmente comprendere quindi, che i principî fondamentali di funzionamento di questi due sistemi di amplificazione sono alquanto differenti, nel senso che l'amplificazione del transistore è essenzialmente un'**amplificazione di corrente**, mentre, nel caso della valvola, si ha essenzialmente un'**amplificazione di tensione**. È dunque chiaro che mentre per l'alimentazione di una valvola è necessaria una sorgente di *tensione* costante, per il transistore occorre invece una sorgente di *corrente* costante.

AMPLIFICATORE con BASE a MASSA

Abbiamo analizzato precedentemente i tre circuiti basilari di amplificazione mediante transistori, ed i circuiti a valvola equivalenti. La **figura 1** illustra il circuito — peraltro già noto — di uno stadio di amplificazione con base a massa, nonchè il circuito equivalente a valvola.

Il segnale di ingresso viene qui applicato tra l'emettitore e la base. La tensione di polarizzazione del circuito di ingresso determina il potenziale medio dell'emettitore nei confronti della base. Questa — beninteso — non deve essere necessariamente collegata alla massa dell'intero circuito, in quanto è sufficiente che sia comune al circuito di ingresso ed a quello di uscita.

Le caratteristiche di questo circuito sono, come abbiamo visto, bassa impedenza di ingresso, alta impedenza di uscita, nessuna inversione di polarità tra i segnali di ingresso e di uscita, ed inoltre, massima stabilità, ma con amplificazione limitata.

AMPLIFICATORE con EMETTITORE a MASSA

Questo circuito è illustrato nella **figura 2**; si noti che il segnale è applicato tra la base e l'emettitore, e che la polarizzazione del circuito di ingresso determina il potenziale medio della base nei confronti dell'emettitore comune.

Il segnale di ingresso fa variare la corrente di base al di sopra ed al di sotto del suo valore medio, provocando delle variazioni di corrente amplificate nel circuito del collettore. Ciò fa in modo che ai capi dell'impedenza di carico (R_L) sia presente una versione amplificata del segnale di ingresso.

La **figura 3** illustra le curve caratteristiche di un transistore a giunzione del tipo *n-p-n* collegato con emettitore a massa. Tali curve denotano che la corrente del collettore o « di uscita », (I_c) è molto maggiore della corrente di base o « di ingresso » (I_b). Il motivo di ciò risiede — come sappiamo — nel fatto che le correnti dell'emettitore e del collettore sono pressochè eguali, e che la corrente di base corrisponde approssimativamente alla differenza tra queste due.

L'amplificazione della corrente di base viene, a volte, rappresentata dalla lettera β (beta), ed è molto maggiore di « alfa », in funzione della quale può essere espressa dalla formula:

$$\beta = \frac{\alpha}{(1 - \alpha)}$$

Il circuito con emettitore a massa è molto più sensibile alla variazione di frequenza che non quello con base a massa. Questa caratteristica determina una diminuzione dell'amplificazione in corrispondenza della frequenza critica, tale che — con tale valore di frequenza — detta amplificazione eguaglia quella del circuito con base a massa. Le caratteristiche dello stadio di amplificazione con emettitore a massa sono — riassumiamo — le seguenti: bassa o media impedenza di ingresso, media o alta impedenza di uscita, amplificazione di corrente massima nei confronti degli altri due circuiti tipici, ed inversione di fase tra il segnale di ingresso e quello di uscita.

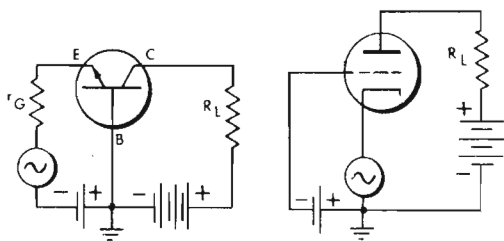



Fig. 1 - Confronto tra uno stadio a transistore con base a massa, ed uno stadio a valvola con griglia a massa. Il segnale viene applicato — rispettivamente — tra emettitore e massa, e tra catodo e massa.

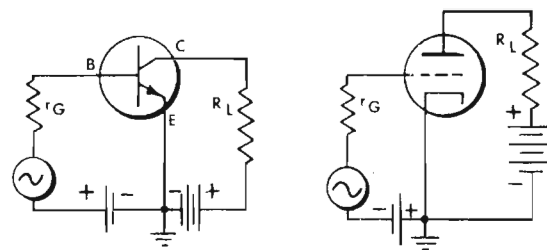



Fig. 2 - Confronto tra uno stadio a transistore con emettitore a massa, ed uno stadio a valvola con catodo a massa. I due circuiti costituiscono entrambi il metodo più idoneo per ottenere la massima amplificazione.

AMPLIFICATORE con COLLETTORE a MASSA

La **figura 4** illustra questo tipo di circuito. Il segnale di ingresso viene applicato tra la base ed il lato a massa del circuito del collettore, mentre l'uscita viene prelevata ai capi dell'impedenza di carico comune collegata tra l'emettitore e la massa. Il collettore è perciò in comune a due circuiti di ingresso e di uscita.

Come avviene negli altri circuiti a transistori, la corrente di polarizzazione e la tensione del collettore vengono fornite da sorgenti di alimentazione a c.c. Questo circuito differisce dagli altri considerati precedentemente, in quanto l'impedenza di ingresso è relativamente alta mentre quella di uscita è molto bassa. Per questo motivo, viene comunemente impiegato per l'adattamento di impedenze.

Le caratteristiche del circuito con collettore a massa sono le seguenti: alta impedenza di ingresso e bassa impedenza di uscita, amplificazione di potenza definita (inferiore tuttavia a quella degli altri due circuiti), amplificazione di tensione inferiore all'unità (analogamente a quanto avviene col circuito a valvola detto « cathode follower »), e nessuna inversione di fase tra il segnale di ingresso e quello di uscita.

L'amplificazione effettiva di un transistore è generalmente espressa in *dB* (decibel) di potenza. Il relativo valore viene enunciato a volte in riferimento ad ognuno di circuiti or ora descritti, ed a volte in riferimento al solo circuito con emettitore a massa. Inoltre, questo importante fattore non è riferito soltanto all'amplificazione di corrente da parte del circuito, bensì dipende, oltre che dalle caratteristiche di impedenza del transistore, anche dalla esattezza con cui tali impedenze sono adattate a quelle della sorgente e del carico di utilizzazione. L'amplificazione dipende inoltre dai potenziali applicati agli elettrodi e, come abbiamo chiarito precedentemente, dal tipo di circuito.

La POLARIZZAZIONE dei TRANSISTORI

Uno dei problemi più interessanti in merito agli amplificatori a transistori consiste nel mantenere le tensioni opportune tra l'emettitore ed il collettore, con un valore appropriato della corrente che scorre nel circuito, mediante adeguate condizioni di polarizzazione. Queste devono essere costanti nonostante eventuali variazioni sia della temperatura ambiente, sia di amplificazione e di intensità di corrente allorchè si sostituisce un transistore con un altro del medesimo tipo.

Se il guadagno di corrente h_{FE} del transistore fosse costante col variare della temperatura, e se la corrente di dispersione fosse trascurabile, sarebbe possibile fissare le condizioni di polarizzazione facendo passare una corrente di base di valore adatto attraverso il transistore stesso, come indicato nella **figura 5**.

La corrente che scorre nel circuito di uscita del collettore è data da:

$$I_c = h_{FE} \frac{E}{R_1}$$

Tale tipo di polarizzazione è però strettamente legato al fattore di amplificazione h_{FE} dello stadio, e non è raccomandabile se non in quei casi in cui la resistenza di polarizzazione può essere variata individualmente onde ottenere il miglior risultato.

In genere, si ricorre all'uso di circuiti speciali di controreazione affinchè le condizioni di polarizzazione del transistore siano pressochè indipendenti dalle grandezze variabili in gioco. Ad esempio, l'uso di una resistenza in serie all'emettitore dà una reazione sufficiente a stabilizzare il punto di funzionamento; il metodo è illustrato dalla **figura 6**.

La base — come si nota — è collegata al punto intermedio di un partitore di tensione costituito da R_1 ed R_2, mentre la resistenza R_e si trova nel circuito dell'emettitore. Dal momento che la giunzione di quest'ultimo è polarizzata in senso favorevole al passaggio della corrente, la corrente che percorre il circuito dell'emettitore è eguale, in linea di massima, al rapporto tra la tensione della base e la resistenza dell'emettitore, ossia:

$$I_e = V_b : R_e$$

Per evitare che l'attenuazione del segnale a c.a. venga aumentata a causa della amplificazione (sappiamo infatti che maggiore è la parte di segnale retrocessa dal circuito di uscita al circuito di entrata, minore è l'amplificazione), la resistenza dell'emettitore è « shuntata » da una capacità di valore alto. La pratica ha dimostrato che, per ottenere un funzionamento soddisfacente, R_2 non deve superare di oltre 10 volte il valore di R_e; il valore tipico di questa resistenza è compreso tra 500 e 1000 ohm. Il

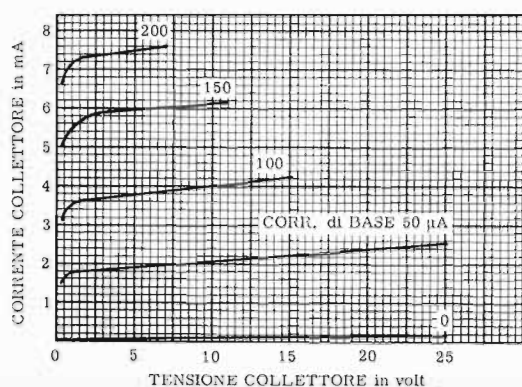



Fig. 3 - Curve caratteristiche di un transistore n-p-n con emettitore a massa. I_c è molto maggiore di I_b.

Fig. 4 - Confronto tra uno stadio a transistore con collettore a massa, ed uno stadio a valvola con placca a massa. Si tratta — in pratica — di un « cathode-follower ».

metodo così descritto non prende in considerazione le variazioni della caduta di tensione tra la base e l'emettitore, nonchè le variazioni di corrente di dispersione, dovute — a loro volta — alle variazioni di temperatura.

Un altro aspetto del problema della polarizzazione, inteso in senso generale, appare osservando la **figura 7**. Dal circuito ivi illustrato è possibile ricavare la seguente eguaglianza:

$$V_B = [(1 - \alpha)\ R_B + R_E]\ I_E + V_{BE} - I_{CO}R_B$$

nella quale V_{BE} è, come sappiamo, la caduta di tensione presente tra la base e l'emettitore, corrispondente al punto di polarizzazione specificato. Con una temperatura di 25°C, la caduta di tensione ammonta a 0,2 volt per il germanio, ed a 0,7 volt per il silicio. Con temperature più elevate, ammonta invece rispettivamente a 0,1 volt ed a 0,5 volt.

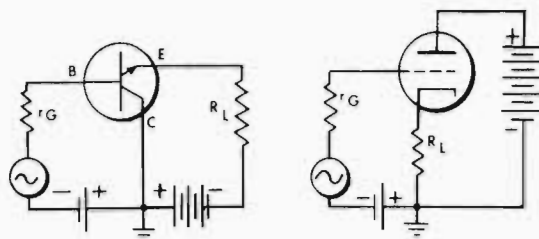
Se sono noti i valori minimi della corrente di emettitore, del limite inferiore di « *alfa* » — ed i valori massimi della corrente di emettitore, del limite di « *alfa* », nonchè dalla corrente di dispersione — R_b può essere ricavata dalla seguente equazione:

$$R_b = \frac{(I_E^{max} - I_E^{min})\ R_E + V_{BE}^{min} - V_{BE}^{max}}{I_{CO}^{max} - (1 - \alpha^{max})\ I_E^{max} + (1 - \alpha^{min})\ \ I_E^{min}}$$

Consideriamo — ad esempio — il transistore General Electric tipo 2N25, avente le seguenti caratteristiche di impiego in un circuito tipico: $E = 20$ volt; $R_L = 8{,}2$ kohm; $I_{CO}^{max} = 0{,}1$ mA a 55°C; $h_{FE}^{max} = 66$, $\alpha^{max} = 66:67$; $h_{FE}^{min} = 30$, $\alpha^{min} = 30:31$; $V_{BE}^{max} = 0{,}2$, $V_{BE}^{min} = -0{,}1$; I_E^{max} desiderata $= 1{,}24$ mA; I_E^{min} desiderata $= 0{,}81$ mA.

Sostituendo tali valori nell'equazione, in corrispondenza dei vari valori di R_E si ottengono i seguenti valori di R_B:

Per R_E = 1,0 kohm R_B = 1,2 kohm
Per R_E = 2,2 kohm R_B = 5,8 kohm
Per R_E = 3,3 kohm R_B = 10,0 kohm

Sostituendo quindi i valori di R_B nell'equazione originale, è possibile ottenere il valore corrispondente di V_B. Ad esempio, se si usa una resistenza di emettitore da 3,3 kohm, e se si dà ad R_B il valore di 10 kohm, il valore di V_B è di 3,1 volt. La **figura 8** illustra come si può trasformare il circuito col sistema di polarizzazione mediante il partitore di tensione, con le equazioni riportate nella figura stessa.

Mediante tale sistema, è possibile calcolare un circuito di polarizzazione adatto alla compensazione di tutte le variazioni interne dei transistore, ed a mantenere i valori di polarizzazione entro i limiti desiderati.

ACCOPPIAMENTO a TRASFORMATORE e ACCOPPIAMENTO a R. C.

Allo scopo di ottenere la massima amplificazione, acquista grande importanza il metodo di accoppiamento tra gli stadi. Il metodo di accoppiamento a trasformatore è probabilmente il più semplice ed il più comune nei circuiti a transistori.

La **figura 9** illustra un amplificatore in classe *A* con accoppiamento a trasformatore e con emettitore a massa. È opportuno ricordare che il comportamento dei circuiti a transistori con segnali di piccola entità dipende dalla corrente di polarizzazione dell'emettitore, e dalla tensione di polarizzazione del collettore. Inoltre, la resistenza interna presente tra la base e l'emettitore varia da transistore a transistore, anche se si tratta del medesimo tipo, e varia anche col variare della temperatura ambiente. Di conseguenza, si può notare che, se si collega una resistenza, come ad esempio R_3 nella figura, in serie all'emettitore, la corrente di quest'ultimo sarà pressochè indipendente dalle eventuali variazioni della resistenza interna tra base ed emettitore. Ciò è vero purchè il valore di R_3 sia relativamente alto nei confronti della resistenza interna presente tra l'emettitore e la base. Ne consegue che le caratteristiche di funzionamento di tale circuito non subiranno variazioni apprezzabili col variare della temperatura ambiente, o in seguito alla eventuale sostituzione del transistore, almeno per quanto riguarda la resistenza interna considerata.

In questo circuito, la corrente dell'emettitore e la tensione del collettore sono prelevate dalla medesima fonte di alimentazione. Ciò è ottenuto mediante l'impiego del partitore di tensione costituito da R_1 ed R_2. R_2 ha un valore piuttosto basso in quanto è in serie al circuito del collettore, che deve avere una bassa resistenza. Questo basso valore permette al collettore stesso di avere un potenziale abbastanza indipendente dalla corrente. I condensatori C_1, C_2 e C_3 offrono una via di passaggio verso massa ai soli segnali ad audiofrequenza.

La **figura 10** illustra invece uno stadio di amplificazione con accoppiamento a resistenza e capacità. Le resi-

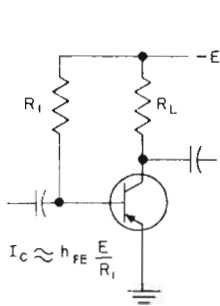



Fig. 5 - Polarizzazione della base, senza compensazione termica. La messa a punto è critica.

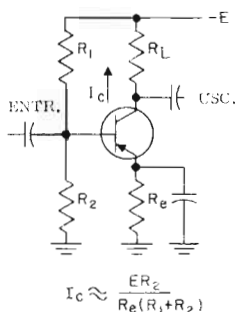



Fig. 6 - Stabilizzazione termica, mediante una resistenza in serie allo emettitore e con divisore di tensione.

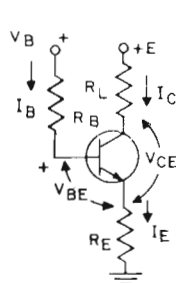



Fig. 7 - Distribuzione e polarità delle correnti e delle tensioni in un transistore del tipo n-p-n

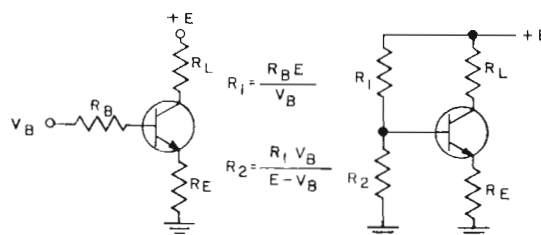



Fig. 8 - Applicazione del sistema di polarizzazione mediante un partitore di tensione, mantenendo al valore opportuno le tensioni e le correnti necessarie.

stenze R_1 ed R_2 provvedono alla polarizzazione tra emettitore e base, nel medesimo modo descritto a proposito dello stadio con accoppiamento a trasformatore. Analogamente, R_3 riduce le variazioni della corrente del collettore che possono essere causate da variazioni della temperatura ambiente o dalla sostituzione del transistore.

La maggior differenza tra i due circuiti consiste nel fatto che nel sistema *R-C*, R_2 non è « shuntata » da una capacità, in quanto questa si comporterebbe come un corto circuito nei confronti del segnale di ingresso, proveniente dallo stadio precedente attraverso C_1.

Le resistenze R_1 ed R_2 devono avere un valore elevato in rapporto alla resistenza di ingresso. Le capacità di accoppiamento C_1 e C_2 devono anch'esse avere valori elevati, onde offrire alle frequenze più basse di funzionamento una reattanza minima nei confronti della resistenza del circuito tra base ed emettitore.

Se, da un canto, la bassa resistenza presente tra base ed emettitore in un circuito a transistori richiede delle capacità relativamente elevate nei confronti di quelle necessarie per i circuiti a valvola, dall'altro, i rapporti di tensione sono bassi, per cui le dimensioni fisiche dei condensatori restano entro limiti ridotti.

STADI a TRANSISTORI in CASCATA

Collegando dei transistori in cascata, è possibile a volte ridurre il peso e le dimensioni dell'amplificatore. Considerando il fatto che tra due stadi ognuno può essere dei tre tipi di circuito descritti, si hanno in totale nove combinazioni possibili, delle quali solo quattro sono utili agli effetti pratici. Tra queste ultime, quella illustrata nella **figura 11**, nella quale entrambi gli stadi sono collegati con emettitore a massa, è quella più comunemente usata, ed è l'unica alla quale dedichiamo perciò una particolare attenzione.

Nel collegamento di vari stadi in cascata si usano soltanto i transistori del tipo a giunzione, in quanto quelli a punta di contatto hanno l'inconveniente di una notevole instabilità. Il maggior vantaggio del collegamento con emettitore a massa consiste — come abbiamo visto — nel fatto che in tal modo si ottiene la massima amplificazione con buona facilità. Il guadagno totale di potenza di tale circuito si approssima a 65 dB. Esso è caratterizzato da un valore medio della impedenza di ingresso e di uscita, e costituisce un notevole miglioramento nei confronti di un singolo stadio.

Ciascuno stadio con emettitore a massa effettua la completa inversione di fase del segnale; di conseguenza, le tensioni di ingresso e di uscita sono in fase reciprocamente ed hanno la medesima polarità.

Uno dei sistemi adatti ad aumentare la stabilità di un circuito a transistori consiste nell'impiego della reazione negativa. Pur provocando — come sappiamo — una diminuzione nel fattore di amplificazione totale, la controreazione ha tuttavia un effetto vantaggioso sull'intero amplificatore, in quanto lo rende meno sensibile alle variazioni di temperatura, e permette di ottenere un responso maggiormente uniforme su un'ampia gamma di frequenze.

Nel circuito nella figura 11 detta reazione viene ottenuta attraverso il circuito in serie *R-C* presente tra l'emettitore del primo stadio ed il collettore del secondo. Gli altri componenti del circuito stesso funzionano in modo del tutto analogo a quello descritto a proposito della figura 10.

La **figura 12** illustra un altro circuito tipico di amplificatore di B.F., a due stadi, nel quale la polarizzazione viene effettuata col sistema del divisore di tensione. L'impedenza di ingresso ammonta approssimativamente a 1.100 ohm.

In questo caso, la resistenza di carico del primo stadio è in parallelo alla impedenza di ingresso del secondo. Il guadagno di tensione (A_v) approssimativo è dato dalla formula:

$$A = h_{fe} \frac{R_L}{h_{ib}} \text{ appross.}$$

STADI DI USCITA in CLASSE « A »

Uno stadio di uscita in classe *A* viene polarizzato nel modo illustrato dalla curva caratteristica del collettore della **figura 13**. Il punto di funzionamento viene scelto in modo tale che il segnale di uscita possa variare in ampiezza in maniera simmetrica, sia in direzione positiva che negativa.

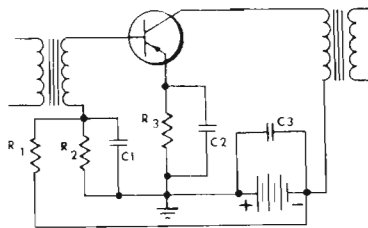



Fig. 9 - Stadio amplificatore in classe A, con ingresso ed uscita a trasformatore. Il rapporto del trasformatore d'entrata è in discesa, a causa della bassa impedenza di ingresso.

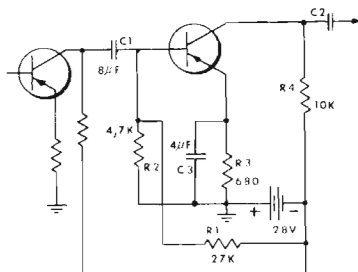



Fig. 10 - Amplificatore con transistori del tipo n-p-n, e accoppiamento R-C R1 ed R2 determinano la polarizzazione, compensando le variazioni di temperatura.

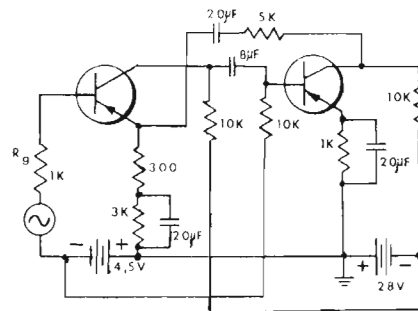



Fig. 11 - Amplificatore B.F. a due stadi. Entrambi i transistori sono impiegati con emettitore a massa (massima amplificazione).

La massima potenza di uscita ottenibile è data da:

$$P_{max} = \frac{E_c I_c}{2}$$

La resistenza di carico è data da:

$$R_L = \frac{E_c}{I_c}$$

Combinando queste due equazioni, la resistenza di carico può essere espressa in funzione della tensione di alimentazione e della potenza di uscita, come segue:

$$R_L = \frac{E_c^2}{2 P_u}$$

Per potenze di uscita da 10 mW in su, la resistenza di carico — ripetiamo — è molto piccola in confronto alla impedenza di uscita del transistore, e la sua amplificazione di corrente corrisponde praticamente al fattore « *beta* » con corrente di cortocircuito.

In uno stadio di uscita in classe A, l'amplificazione di potenza è data da:

$$\textit{Amplificaz. di potenza} = \frac{\beta^2 R_L}{R_c} = \frac{\beta^2 E_c^2}{2 R_i P_u}$$

STADIO PILOTA in CLASSE « A »

Supponiamo che, per ottenere una potenza di uscita di 250 mW, il guadagno dello stadio finale debba essere di circa 23 dB. Il segnale di ingresso deve avere una potenza pari a circa 2 mW (vedi in proposito la tabella 64 a pag. 429). In questo caso è possibile determinare l'impedenza di carico dello stadio pilota in classe *A*, in funzione della potenza che esso deve fornire allo stadio finale, mediante l'equazione che permette di ricavare R_L. Per potenze di uscita dell'ordine di pochi milliwatt, la resistenza di carico non è trascurabile nei confronti della impedenza di uscita del transistore, per cui, allo scopo di determinare l'amplificazione di potenza di uno stadio di tale tipo, è necessario l'uso di una equazione più esatta.

Il guadagno di tensione è dato dalla formula:

$$A_v = \frac{R_L}{h_{ib}}$$

nella quale h_{ib} è l'impedenza di ingresso con base a massa.

Il guadagno di corrente è dato dalla formula:

$$A_i = \frac{\alpha}{1 - \alpha + R_L h_{ob}}$$

nella quale h_{ob} è la conduttanza di uscita con base a massa.

Il guadagno di potenza è il prodotto tra il guadagno di corrente e quello di tensione: di conseguenza, diversamente dalla formula relativa agli stadi di uscita a forte potenza, non vi sono relazioni semplici tra la potenza di uscita desiderata ed il guadagno di potenza di uno stadio pilota in classe *A*.

STADIO FINALE in « PUSH-PULL » di CLASSE « B »

Nella maggior parte delle realizzazioni, essendo specificata a priori la potenza di uscita in fase di progetto, questo valore viene preso come punto di partenza. La **figura 14** illustra il circuito tipico di uno stadio di uscita in controfase in classe *B*. Il partitore di tensione, consistente in *R* e nella resistenza da 47 ohm, dà una lieve polarizzazione in senso favorevole ai transistori, onde evitare la distorsione dovuta alle correnti transitorie. Tale tensione di polarizzazione ammonta generalmente a circa 0,1 volt. In queste condizioni, la corrente totale di collettore in assenza di segnale ammonta a circa 1,5 mA. Le due resistenze da 8,2 ohm, collegate in serie agli emettitori, stabilizzano i transistori in modo che essi non si surriscaldino ulteriormente a causa dell'aumento di corrente allorchè la temperatura delle giunzioni sale a 60°C. La **figura 15** illustra le caratteristiche tipiche del collettore relative alla retta di carico. È facile notare che la massima potenza di uscita a c.a., senza raggiungere la saturazione, mediante uno stadio di « push-pull », è data dalla formula:

$$P_{max} = \frac{I_{max} \times E_c}{2}$$

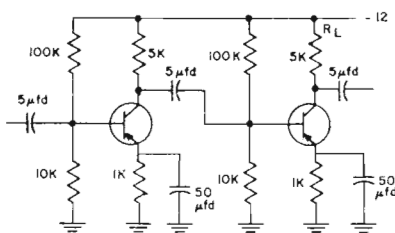



Fig 12 - Amplificatore R-C a due stadi, analogo al precedente. In questo caso però, la polarizzazione è effettuata tramite un divisore di tensione.

Fig. 13 - Curve di polarizzazione di uno stadio amplificatore funzionante in classe A.

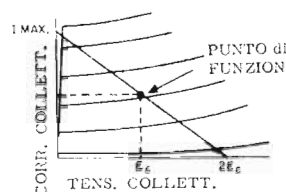



Fig. 14 - Amplificatore finale tipico in « push - pull », funzionante in classe B.

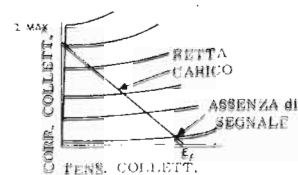
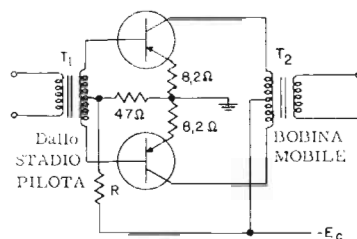



Fig. 15 - Riferimento della retta di carico in rapporto alle curve caratteristiche della corrente di collettore. In assenza di segnale, la tensione del collettore è massima, mentre la corrente è minima.

Dal momento che la resistenza del carico è data da.

$$R_L = \frac{E_c}{I_{max}}$$

e che l'impedenza tra i due collettori è data dal quadruplo dell'impedenza di carico ideale per ogni collettore singolo, la potenza di uscita sarà data dalla formula:

$$P_o = \frac{2\,E_c^2}{R_{cc}}$$

dove R_{cc} è la resistenza tra i collettori.

Di conseguenza, è possibile determinare la resistenza di carico tra i collettori, adatta ad una potenza di uscita e ad una tensione di alimentazione prestabilite.

Per potenze di uscita comprese tra 50 e 750 mW, l'impedenza di carico è talmente bassa da costituire praticamente un corto circuito nei confronti dell'impedenza di uscita dei transistori. In pratica, diversamente da quanto accade con gli stadi amplificatori di segnali deboli, negli stadi amplificatori di uscita non è necessario effettuare l'adattamento dell'impedenza del circuito esterno a quella interna dei transistori stessi.

L'amplificazione di potenza è data dalla formula:

$$\textit{Amplificaz. di potenza} = \frac{P_v}{P_e} = \frac{I_u^2\,R_L}{I_e^2\,R_e}$$

Inoltre, dal momento che il rapporto tra la corrente di uscita e la corrente di entrata $I_u : I_e$ corrisponde al guadagno di corrente « *beta* », per bassi valori della resistenza di carico, la formula relativa alla potenza può essere trascritta come segue:

$$\textit{Amplificaz. di potenza} = \beta^2\,\frac{R_{cc}}{R_{bb}}$$

nella quale R_{cc} è la resistenza tra i collettori, R_{bb} è l'impedenza tra le basi, e β è il guadagno di corrente con emettitore di massa.

Poichè la resistenza di carico è determinata dalle esigenze relative alla massima potenza di uscita indistorta, l'amplificazione di potenza può essere espressa in funzione della potenza massima di uscita mediante la combinazione delle due formule precedenti, ossia

$$\textit{Amplificaz. di potenza} = \frac{2\,\beta^2\,E_c^2}{R_{bb}\,P_u}$$

CIRCUITI di AMPLIFICAZIONE ad ALTA FREQUENZA

Le caratteristiche di funzionamento dei transistori nei confronti di segnali ad Alta Frequenza, come si è detto precedentemente, costituivano fino a qualche tempo fa un inconveniente agli effetti delle applicazioni in circuiti funzionanti con frequenze elevate.

La tecnica moderna ha dato origine ai transistori cosiddetti « drift », appositamente progettati, nei quali le impurità sono distribuite in modo non uniforme nella regione della base. In conseguenza di ciò, il percorso delle correnti *diretta* ed *inversa* viene accelerato dalla presenza di un campo elettrico, ed avviene secondo una linea diritta invece che a zig-zag, come avviene in un transistore normale. Ciò riduce notevolmente il tempo di transito.

Indipendentemente da questo tipo particolare di transistore, per l'impiego in circuiti ad Alta Frequenza si ricorre a provvedimenti speciali. Ad esempio, in un amplificatore ad A.F. costituito da due stadi entrambi con emettitore a massa, la presenza di una notevole capacità tra base e collettore internamente ai transistori implica la necessità di adottare dispositivi di neutralizzazione. Questi possono consistere in circuiti *RC* di reazione in serie, tra la base di uno stadio e la base dello stadio precedente.

Per consentire del pari una elevata amplificazione, si preferisce collegare i transistori con emettitore a massa. La difficoltà di creare un adattamento adeguato tra l'alta impedenza di collettore di uno stadio e la bassa impedenza di base dello stadio successivo, può essere superata sintonizzando soltanto il primario del trasformatore di accoppiamento.

OSCILLATORI a TRANSISTORI

Nella progettazione di un circuito oscillatore è necessario — come sappiamo — impiegare un dispositivo che consenta una certa amplificazione. Dal momento che il transistore può compiere tale funzione, esso può essere utilizzato a tale scopo. Infatti, un transistore può oscil-

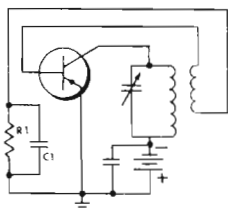



Fig. 16 - Stadio oscillatore con reazione induttiva. Può funzionare sia in A.F. che in B.F.

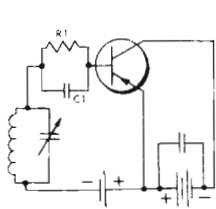



Fig. 17 - Oscillatore ad impedenza negativa. Il transistore deve essere del tipo a punta di contatto.

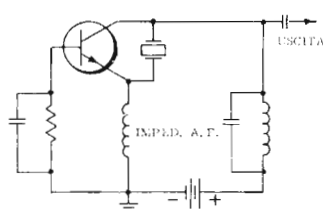



Fig. 18 - Stadio oscillatore con transistore a giunzione, e con controllo a cristallo di quarzo.

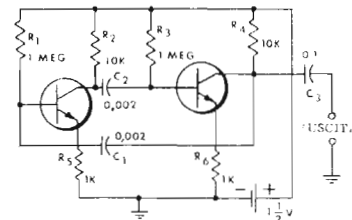



Fig. 19 - Circuito multivibratore. Come nell'analogo circuito a valvole, le oscillazioni prodotte non possono essere sinusoidali.

lare perfino su frequenze più elevate di quelle alle quali esso può essere usato come amplificatore. Per fare in modo che il circuito relativo produca delle oscillazioni (come avviene per i circuiti a valvola), è necessario ricorrere o ad un circuito di reazione esterna, o alla reazione interna del transistore stesso.

La **figura 16** illustra il circuito di un oscillatore nel quale la reazione ha luogo attraverso circuiti induttivi. Una parte della corrente di uscita viene infatti accoppiata a quella del circuito di ingresso. Trattandosi di un circuito con emettitore a massa, il segnale di uscita è sfasato di 180° rispetto a quello di ingresso. Il trasformatore di accoppiamento — inoltre — determina un ulteriore sfasamento di 180°, per cui, in effetti, il segnale di ingresso e quello di reazione hanno la medesima polarità. La resistenza R_1 ed il condensatore C_1 costituiscono il circuito di autopolarizzazione tra base ed emettitore.

La **figura 17** illustra, invece, uno stadio oscillatore ad impedenza « negativa », con transistore a punta di contatto. La realizzazione è possibile in quanto la resistenza di ingresso di un transistore a punta è di contatto è « negativa » essendo l'amplificazione generalmente maggiore di 2. È possibile produrre oscillazioni controllate, « shuntando » la resistenza negativa di ingresso mediante un circuito sintonizzato.

E' inoltre possibile realizzare oscillatori con transistori a giunzione mediante l'impiego di un circuito di reazione esterno. Per ottenere oscillazioni aventi una frequenza più stabile e di maggior precisione, si può ricorrere al circuito dell'oscillatore a cristallo illustrato nella **figura 18**, che è del tipo con base a massa.

La **figura 19** illustra invece il circuito di un multivibratore funzionante con due transistori. Questo circuito è del tutto simile a quello realizzato con due valvole, e consiste essenzialmente di un amplificatore a due stadi con accoppiamento *R-C*. L'uscita del secondo stadio è infatti accoppiata all'ingresso del primo attraverso la capacità C_1, e le oscillazioni prodotte hanno una forma rettangolare.

CIRCUITO CONVERTITORE

Come sappiamo, lo stadio convertitore di un radio ricevitore supereterodina non è altro che una combinazione di uno stadio oscillatore locale e di uno stadio mescolatore, seguiti a loro volta da uno stadio di amplificazione a Media Frequenza. Un circuito tipico adatto a tale scopo è illustrato nella **figura** 20.

Tale circuito può essere ridisegnato nel modo indicato nelle **figure 21 A** e **21 B**, allo scopo di illustrare separatamente i circuiti dell'oscillatore e del mescolatore. Il funzionamento avviene come segue: il rumore di fondo provoca delle leggere variazioni nella corrente di base, le quali — grazie all'amplificazione — acquistano un'ampiezza maggiore nel circuito del collettore. Questi segnali a corrente alternata, presenti nel primario del trasformatore (*L2*), inducono una c.a. nel secondario, il quale è sintonizzato sulla frequenza desiderata ad opera del condensatore C_B.

Il condensatore *C2* accoppia la frequenza di risonanza del segnale al circuito dell'emettitore. Se tale accoppiamento, detto di reazione, è realizzato in modo tale che le relazioni di fase siano nel senso esatto, il segnale di ritorno è in fase con quello di ingresso, per cui si ha la produzione di oscillazioni persistenti.

Il secondario di *L2* è un autotrasformatore le cui caratteristiche sono tali da adattare l'alta impedenza di *L2* stessa alla bassa impedenza del circuito dell'emettitore. Il compito del condensatore *C1* consiste nel filtrare i segnali presenti ai capi delle resistenze di polarizzazione *R2* ed *R3*, convogliandoli a massa: in altre parole, la sezione dell'oscillatore funziona in effetti come un circuito con base a massa.

Il funzionamento dello stadio mescolatore illustrato nella sezione B della figura avviene come segue: la bobina *L1*, avvolta su nucleo di ferrite, ed esposta all'intero campo delle radiazioni provenienti dalle varie emittenti, è sintonizzata sulla frequenza che si desidera ricevere dal condensatore C_A. Il transistore è polarizzato in modo da consentire il passaggio di una corrente relativamente lieve, per cui le sue caratteristiche sono tutt'altro che lineari. Ciò costituisce le condizioni ideali per la cosiddetta « prima rivelazione », e permette al segnale ricevuto di mescolarsi con quello prodotto dallo stadio oscillatore, per cui si producono i quattro segnali risultanti, che ben conosciamo.

L'impedenza di carico *T1* è sintonizzata sulla differenza tra le due frequenze, ossia sulla Media Frequenza, che è — come sappiamo — dell'ordine di 450 kHz, esattamente come avviene nei circuiti convertitori a valvole termoioniche. *R4* e *C3* costituiscono un filtro che impedisce il passaggio attraverso il circuito del collettore alle

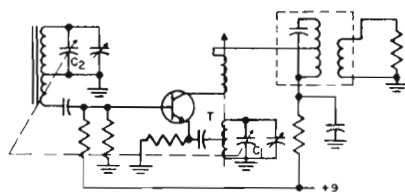



Fig. 20 - Stadio convertitore. Un unico transistore agisce sia da oscillatore che da stadio mescolatore.

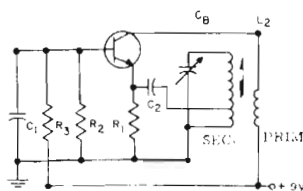



Fig. 21-A - Circuito separato dell' oscillatore di figura 20.

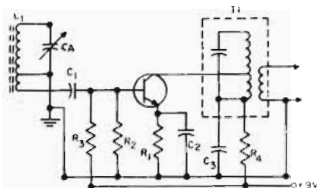



Fig. 21-B - Circuito separato del mescolatore di figura 20.

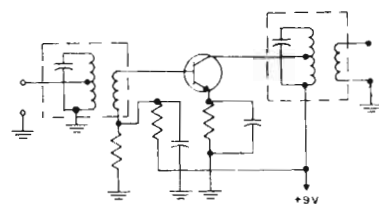



Fig. 22 Circuito tipico di un amplificatore di Media Frequenza. Si accorda solo il primario dei trasformatori in quanto un secondario, se accordato, presenterebbe un'impedenza praticamente infinita, in antitesi con le esigenze di bassa impedenza di ingresso del transistore.

correnti indesiderate. Il compito del condensatore *C2* è essenzialmente quello di filtrare il circuito di polarizzazione, e di stabilizzare la tensione presente ai capi di *R1*. Dal momento che l'emettitore è collegato a massa, e che il segnale di ingresso viene applicato alla base, la sezione mescolatrice dello stadio descritto funziona col sistema di collegamento con emettitore a massa.

Esistono vari tipi di circuiti di conversione, sia realizzati con un unico stadio, il quale provvede tanto alla produzione delle oscillazioni locali, quanto alla mescolazione dei due segnali necessari per la produzione della frequenza intermedia, sia con due stadi, ossia due transistori separati, ognuno dei quali compie una delle funzioni. In questo caso l'accoppiamento avviene o per via capacitiva o per via induttiva. Vedremo in seguito, in una descrizione pratica, come uno stadio convertitore a transistori può dare un rendimento più che soddisfacente.

AMPLIFICATORE a MEDIA FREQUENZA

Il circuito illustrato nella **figura 22** rappresenta uno stadio di amplificazione a Media Frequenza, nel quale la corrente del collettore è determinata da un partitore di tensione presente nel circuito di base, e da una resistenza di alto valore, presente nel circuito dell'emettitore. L'entrata e l'uscita sono accoppiate mediante un trasformatore di Media Frequenza sintonizzato; i condensatori (da 0,05 μF) hanno il compito di evitare la tensione provocata dalla resistenza presente nel circuito dell'emettitore. Il collettore è collegato ad una presa intermedia del primario del trasformatore di accoppiamento con lo stadio successivo, oltre che per adattare le impedenze nel modo migliore, anche per far sì che il funzionamento dello stadio sia relativamente indipendente dalle variazioni apportate al circuito in seguito alla eventuale sostituzione del transistore.

Con un transistore del tipo *n-p-n*, non è necessaria alcuna neutralizzazione per stabilizzare l'amplificatore, mentre per tutti i transistori del tipo *p-n-p* essa è indispensabile. I valori dei condensatori di neutralizzazione dipendono dalla capacità interelettrodica del transistore stesso.

Il guadagno di un amplificatore a Media Frequenza di questo tipo diminuisce col diminuire della corrente dell'emettitore; questa proprietà può essere utilizzata per controllare l'amplificazione dei vari stadi in modo tale che emittenti deboli e lontane vengano ricevute con una potenza sonora di uscita analoga a quella con cui vengono ricevute invece le emittenti forti o vicine. In tal modo è possibile applicare ai radioricevitori il noto dispositivo denominato controllo automatico di volume (*C.A.V.*), esattamente come avviene nei ricevitori a valvole.

CONTROLLO AUTOMATICO di VOLUME

Come abbiamo visto, il *C.A.V.* è un dispositivo che varia automaticamente l'amplificazione totale dei segnali in un radioricevitore, col variare dell'intensità del segnale ricevuto. Dalla definizione data, si può dedurre facilmente che sarebbe più appropriato usare la definizione « controllo automatico di guadagno » (*C.A.G.*). Questo dispositivo viene realizzato, con i transistori, nel modo convenzionale, prelevando cioè o una parte del segnale acustico rivelato, oppure prelevando una parte del segnale all'uscita dell'amplificatore a Media Frequenza, la quale viene rivelata indipendentemente dal segnale che prosegue in direzione dell'amplificatore a Bassa Frequenza.

Analogamente a quanto avviene nei circuiti a valvola, i segnali provenienti dal circuito del *C.A.V.*, dopo essere stati rettificati, vengono livellati, ossia filtrati mediante un circuito di tipo *RC*, fino ad assumere un potenziale medio relativamente costante, la cui ampiezza varia unicamente col variare dell'intensità del segnale a radiofrequenza ricevuto. Tale differenza di potenziale viene utilizzata per variare a sua volta la polarizzazione della base degli stadi di amplificazione a Media Frequenza, facendone così variare il coefficiente di amplificazione.

Nelle lezioni che seguono, il lettore ha modo di esaminare ed osservare la realizzazione pratica di completi circuiti di ricevitori supereterodina a transistori. In tal modo si vedrà come — in questi tipi di apparecchi — vengano realizzati i circuiti di conversione, di amlpificazione a M.F., di rivelazione, di controllo automatico di volume, ecc.

COSTRUZIONE di SUPERETERODINE a TRANSISTORI

Gli argomenti fino ad ora sviluppati, i montaggi e le realizzazioni pratiche effettuate dal lettore fino a questo punto, e con esse l'esperienza acquisita, sono tali da consentire a chi segue il Corso di costruire praticamente qualsiasi apparecchiatura elettronica d'uso corrente, senza che per questo risulti necessaria una descrizione estremamente analitica.

Presentiamo perciò, assieme, come logico complemento dell'esposizione relativa alla teoria dei transistori, due ricevitori reperibili in commercio sotto la nota forma di scatola di montaggio, caratterizzati dall'impiego di circuiti stampati: le numerose illustrazioni rendono assai facile il compito a chi intende affrontare la costruzione.

Il lettore ha già avuto occasione di incontrare un'applicazione dei circuiti stampati (lezione 56ª) e già qualche raccomandazione in merito è stata fatta. Nel caso presente è bene approfondire l'argomento con maggior cura, specie per il fatto che i transistori ed i componenti miniatura, che qui vengono impiegati, debbono per la loro stessa natura, essere trattati con molta delicatezza.

Quando poi ci occuperemo dettagliatamente della tecnica di produzione dei circuiti stampati, vedremo ancor meglio, e i vantaggi, e i lati più delicati di questa moderna innovazione.

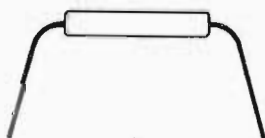



Fig. 1 - Resistenze, condensatori ed altri componenti con fili terminali dovranno essere così predisposti per l'applicazione alla basetta a circuito stampato.

Per il momento, ci basti sapere che i collegamenti elettrici che essi sostituiscono, consistono in sottili strisce di rame, aderenti ad una basetta di resina fenolica. Dette strisce di rame, il cui spessore è tale da consentire il passaggio delle correnti in gioco, aderiscono alla superficie isolante per la presenza di un collante speciale che, pur assicurando una perfetta tenuta, non è tuttavia in grado di sopportare sforzi di trazione o temperature eccessive. Per questo motivo è bene adottare un saldatore apposito, con punta molto sottile. Con questi saldatori, disponibili in commercio in varie forme, si riesce innanzitutto ad effettuare ottime saldature quando le masse da saldare non sono notevoli, ed in secondo luogo si evita il surriscaldamento della superficie di rame sulla quale si deposita lo stagno. Ciò è assolutamente indispensabile in quanto — in caso contrario — il rame stesso può staccarsi dalla basetta, causando interruzioni.

Nella basetta — come sappiamo — sono stati praticati fori di diverso diametro. In quelli più piccoli deve essere introdotto il terminale di un unico componente, facente capo a uno dei collegamenti stampati sul lato opposto della basetta: altri, di maggiore diametro, possono ospitare due o anche più terminali di vari componenti, a seconda dei casi.

Prima di procedere al montaggio di un apparecchio a circuiti stampati, è opportuno disporre ordinatamente sul tavolo tutti i componenti necessari, possibilmente nell'ordine che si intende seguire per l'applicazione alla basetta. I terminali delle resistenze e dei condensatori andranno piegati nel modo illustrato in **figura 1**, onde consentire l'introduzione nei fori. Ciò fatto, dal lato opposto, si provvederà a piegarli leggermente, così come illustrato alla **figura 2**, in modo che possa essere capovolta la basetta senza che i componenti si sfilino dalla loro posizione.

E' consigliabile effettuare la saldatura una sola volta, e solo dopo essersi accertati che in quel determinato punto non sarà necessario — in seguito — effettuare altre saldature.

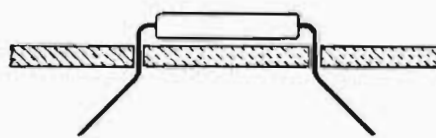



Fig. 2 - Dopo l'introduzione nei rispettivi fori della basetta, i conduttori dei componenti saranno piegati leggermente all'esterno per impedire che la parte si sfili prima della saldatura.

In questi apparechi, data la mancanza pressochè totale di collegamenti eseguiti con cavetto rigido o flessibile, non si può parlare — come per gli chassis classici — di montaggio elettrico e di montaggio meccanico. In realtà, i due montaggi si integrano a vicenda, in quanto la saldatura dei terminali provvede contemporaneamente al fissaggio meccanico. Tuttavia, nelle due descrizioni che seguono, indicheremo un ordine logico che — in linea di massima — converrà rispettare al fine di facilitare al massimo tutte le operazioni.

Ricevitore tascabile a transistori ed a circuito stampato

6 transistori + 1 diodo al germanio — Alta sensibilità — Elevato rendimento acustico — Mobile in plastica antiurto — Circuito stampato — Alimentazione con batteria da 9 volt — Autonomia di 50 ore circa — Peso di 230 grammi — Può funzionare con rete luce a mezzo di apposito alimentatore (I/600).

Il ricevitore SM/19 che qui presentiamo è una supereterodina a sei transistori, più un diodo rivelatore. Lo apparecchio è contenuto in un mobiletto in materia plastica stampata, di dimensioni tascabili.

La sensibilità è tale da consentire perfettamente la ricezione delle emittenti locali, e di numerose emittenti estere, grazie alla elevata sensibilità di antenna ed alla presenza di due stadi di amplificazione in Media Frequenza.

L'ascolto può avvenire sia in altoparlante, incorporato nell'apparecchio, sia mediante auricolare. Quest'ultimo può essere inserito in una apposita presa applicata inferiormente al mobiletto, con esclusione automatica dell'altoparlante: in tal caso l'ascolto diventa individuale.

L'apparecchio funziona esclusivamente sulla gamma delle Onde Medie, (550 - 1.600 kHz). I controlli disponibili sono due: poteziometro di volume, abbinato allo interruttore di accensione, e sintonia. Quest'ultimo controllo consta di una manopola analoga a quella del controllo del volume, accoppiata al condensatore variabile tramite un rapporto di demoltiplicazione, onde facilitare al massimo l'operazione di sintonizzazione sulla emittente desiderata.

L'alimentazione avviene ad opera di una batteria del tipo a pastiglia da 9 volt, che consente un'autonomia di circa 40 ore con funzionamento intermittente.

Le caratteristiche costruttive, e quelle elettriche dei vari componenti sono tali da assicurare una lunga durata, ed un funzionamento stabile e più che soddisfacente. A ciò si aggiunge il fatto che la semplicità delle operazioni di montaggio, dovute sopratutto alla presenza di una basetta a circuito stampato, è tale da assicurare il pieno successo anche se la realizzazione viene effettuata da persona non ancora pratica delle costruzioni con transistori.

LO SCHEMA ELETTRICO

La **figura 3** illustra il circuito elettrico del ricevitore completo. Come si nota, la bobina di aereo, che funge anche da antenna, è avvolta su un nucleo piatto di ferrite, ed è collegata direttamente alla base del primo transistore (*OC44*), che agisce da stadio convertitore in quanto funziona sia da mescolatore che la oscillatore. L'oscillazione locale è infatti ottenuta tramite un accoppiamento induttivo tra i circuiti dell'emettitore e del collettore. La base di questo transistore è polarizzata mediante un partitore di tensione formato da tre resistenze, del valore di 4,7 kohm, 39 kohm e 220 ohm.

Il circuito del collettore si chiude sul primario accordato del primo trasformatore di Media Frequenza (il cui valore è di 470 kHz). Seguono poi due stadi di amplificazione a Media Frequenza, utilizzanti due transistori *OC45*, le cui basi sono polarizzate attraverso il circuito del *C.A.V.*

L'uscita del secondo stadio di Media Frequenza è applicata al primario del terzo trasformatore di M.F., il cui secondario è collegato al diodo rivelatore *OA90*. All'uscita dello stadio rivelatore, il segnale viene prelevato da due circuiti diversi: uno provvede a fornire il segnale di Bassa Frequenza agli stadi successivi, ed uno fornisce invece la tensione *C.A.V.* per la polarizzazione delle basi dei due transistori *OC45* di Media Frequenza.

Il segnale di Bassa Frequenza è disponibile ai capi di un potenziometro da 10 kohm logaritmico. Il cursore di quest'ultimo fornisce la quantità di segnale desiderata alla base del transistore *OC75*. E' questo lo stadio preamplificatore di Bassa Frequenza, accoppiato allo stadio finale in controfase — formato da due transistori del tipo *OC72* — tramite un trasformatore con secondario a presa centrale.

Il secondario del trasformatore di uscita ha una impedenza di 10 ohm. che si addatta a quella della bobina mobile dell'altoparlante impiegato.

Il condensatore da 0,05 μF, collegato in parallelo al primario del trasformatore di uscita, serve — come sappiamo — ad attenuare le frequenze più elevate: in tal modo la riproduzione diventa più gradevole.

IL MONTAGGIO

La **figura 4** illustra l'aspetto della basetta a circuito stampato, vista dal lato dei collegamenti. Tutti i componenti vanno montati sul lato opposto: in tal modo si

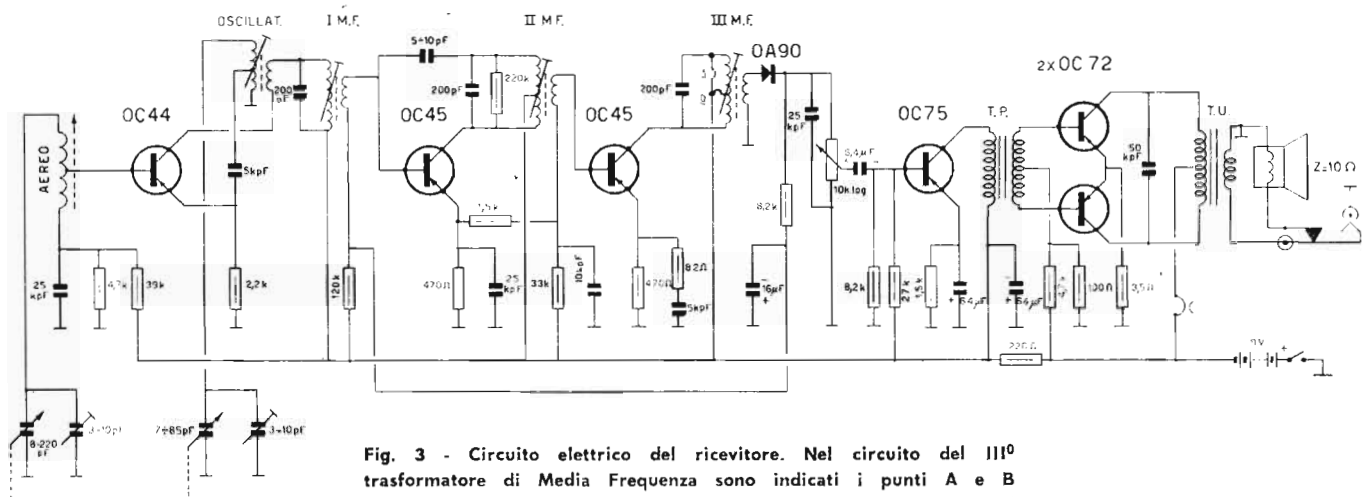



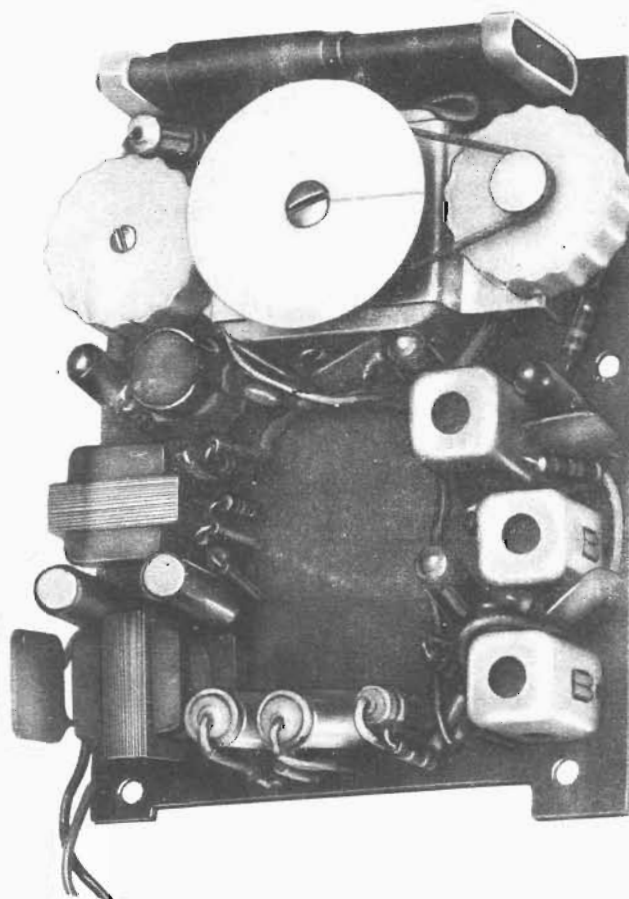
Fig. 3 - Circuito elettrico del ricevitore. Nel circuito del III° trasformatore di Media Frequenza sono indicati i punti A e B relativi alla messa a punto, e sul conduttore di alimentazione del trasformatore TU il punto C previsto per analoga funzione.

ELENCO DEL MATERIALE

- 1 Piastra di bachelite con connessioni stampate . . P/124
- 1 Una bobina oscillatore A.F. per Onde Medie P/109-4
- 1 Antenna ferrite . . . P/109-5
- 1 Trasformatore di Media Frequenza per 1° stadio P/109-1
- 1 Trasformatore di Media Frequenza per II° stadio P/109-2
- 1 Trasformatore di Media Frequenza per III° stadio P/109-3
- 2 Supporti per antenna G/221
- 1 Condensatore variabile doppio P/235
- 1 Indice per scala sintonia 0/994
- 1 Manopola per scala sintonia F/220
- 1 Puleggia per scala sintonia 0/1022
- 1 Potenziometro da 10.000 ohm (già montato sulla piastra . . . . P/124) - P/203-2
- 1 Manopola per potenziometro F/221
- 1 Attacco per pile G/272
- 1 Jack per cuffia G/1538
- 1 Altoparlante magnetodinamico F/244
- 1 Scala di sintonia . . . 0/860
- 1 Mobiletto in plastica . . U/90
- 1 Mascherina frontale, dorata U/475
- 1 Trasformatore B.F. interstadio P/155
- 1 Trasformatore B.F. d'uscita P/156
- 2 Condensatori elettrol. - 64 μF 10 V B/295
- 1 Condensatore elettrol. - 16 μF 10 V B/296
- 1 Condensatore elettrol. - 6,4 μF 25 V B/297
- 1 Condensatore a perlina - 10 pF B/24
- 2 Condensatori a piastrina - 4.700 pF B/39-1
- 1 Condensatore a piastrina - 10.000 pF B/39-3
- 3 Condensatori a piastrina - 25.000 pF B/39-5
- 1 Condensatore a piastrina - 50.000 pF B/39-7
- 1 Resistenza da 3,5 ohm 1/8 W D/64-1
- 1 Resistenza da 82 ohm 1/8 W D/64-1
- 1 Resistenza da 100 ohm 1/8 W D/64-1
- 1 Resistenza da 200 ohm 1/8 W D/64-1
- 2 Resistenze da 470 ohm 1/8 W D/64-1
- 2 Resistenze da 1,5 kohm 1/8 W D/64-1
- 1 Resistenza da 2,2 kohm 1/8 W D/64-1
- 2 Resistenze da 4,7 kohm 1/8 W D/64-1
- 1 Resistenza da 27 kohm 1/8 W D/64-1
- 1 Resistenza da 33 kohm 1/8 W D/64-1
- 1 Resistenza da 39 kohm 1/8 W D/64-1
- 1 Resistenza da 120 kohm 1/8 W D/64-1
- 1 Resistenza da 220 kohm 1/8 W D/64-1
- 2 Piastrine per fissaggio altoparlante
- 2 Viti per fissaggio altoparlante
- 1 Vite per manopola potenziometro
- 3 Viti per fissaggio piastra
- 1 Spezzone, cm 60, filo flessibile
- 1 Spezzone, cm 30, tubetto sterling
- 1 Spezzone, cm 10, tubetto seta
- 1 Spugnetta ferma pila
- 2 Tubetti rivestimenti condensatori
- 1 Transistore tipo OC44
- 2 Transistori tipo OC45
- 1 Transistore tipo OC75
- 2 Transistori tipo OC72
- 1 Diodo tipo OA90 (IG95)

evita che il saldatore venga posto in prossimità dei componenti stessi durante il montaggio, e si rendono accessibili tutti i punti del circuito per eventuali controlli.

Per consentire il minimo ingombro, le diverse parti devono essere montate verticalmente rispetto alla basetta, come illustrato alla **figura 5**. Si inizierà il montaggio fissando al mobiletto la presa a «jack» per l'auricolare unitamente all'altoparlante, come illustrato in **figura 6**, rispettandone l'orientamento. La **figura 7** illustra, in particolare, il montaggio dell'assieme condensatore variabile e relativa demoltiplica che viene fornito come unità premontata.

Sulla basetta del circuito stampato verranno fissati

La foto offre una chiara illustrazione dell'apparecchio completo.

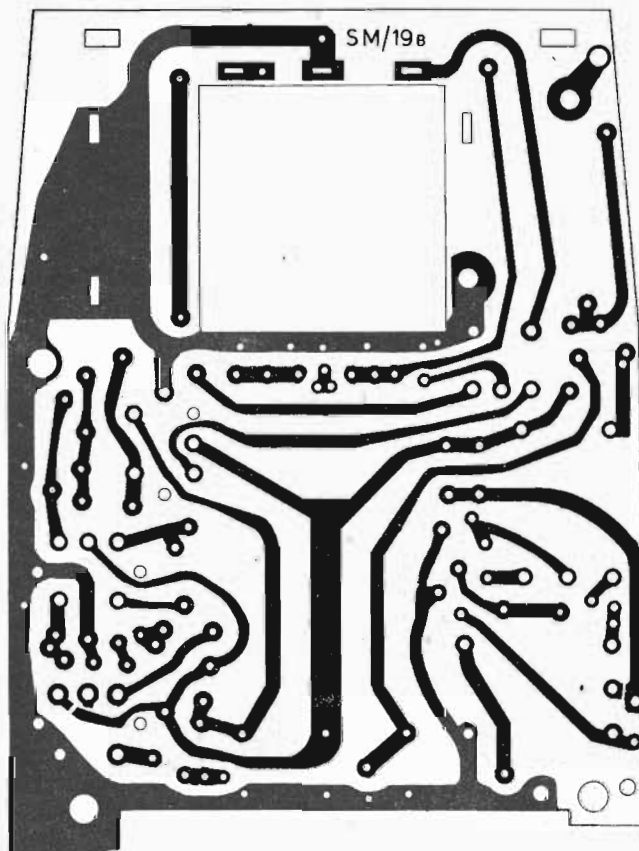



Fig. 4 - La basetta a circuito stampato vista dal lato dei collegamenti. Si noti che la figura dà una riproduzione ingrandita perchè, in realtà, la basetta misura cm 6,4 di base per cm 8,5 di altezza. Il grande foro quadrato, in alto, è quello nel quale trova posto il condensatore variabile doppio.

i vari componenti nel seguente ordine: il potenziometro per il controllo di volume, il transistore *OC75*, la bobina oscillatrice, il trasformatore di accoppiamento allo stadio finale (contrassegnato da un segno rosso), il trasformatore di uscita (contrassegnato in verde), le varie resistenze, indi i due transistori *OC72*, ed infine la presa polarizzata per l'attacco alla batteria di alimentazione.

Si prosegue saldando le resistenze ed i condensatori visibili nella parte inferiore dello schema, quelli presenti sul lato destro, il diodo *OA90*, i trasformatori di Media Frequenza, e i due transistori *OC45*. Per evitare di scambiare tra loro i trasformatori di M.F., si osservi che il primo è contrassegnato con un punto bianco, il secondo con un punto giallo ed il terzo, collegato al diodo rivelatore, con un punto blu. Per ultimo si monterà il transistore *OC44*, ed i componenti ad esso relativi.

Si rammenti che, una volta sistemati in loco i vari componenti, introducendone i terminali nei fori corrispondenti della basetta, dopo aver accertato che in quel determinato foro non andrà inserito nessun altro terminale, si deve depositare col saldatore una minima quantità di stagno, appena sufficiente ad unire con una certa sicurezza i terminali al collegamento stampato. A saldatura ultimata, si può tagliare con un buon tronchesino la parte in eccesso dei terminali, facendo attenzione

Fig. 5 - La basetta della figura 4 (maggiormente ingrandita) vista dal lato opposto e dopo l'applicazione di tutti i componenti. Questo disegno, unitamente allo schema elettrico, è quello che deve servire da guida per il montaggio. Le parti devono intendersi pressochè tutte in posizione verticale rispetto alla basetta anche se qui, per maggior chiarezza, e utilità, sono state disegnate in posizione diversa.

I conduttori uscenti dai diversi transistori hanno una corrispondenza con i relativi elettrodi che è indicata dal disegno guida qui riportato. E = emettitore; B = base; C = collettore.

Fig. 6 - La parte superiore del mobiletto vista dall'interno. Su di essa viene fissato l'altoparlante e la presa a jack per l'auricolare: dopo di ciò possono essere eseguiti i pochi collegamenti indicati, lasciando sporgere per una diecina di centimetri i due conduttori da saldare ai collegamenti stampati ai quali è connesso il trasformatore d'uscita.

a non esercitare alcuna trazione, per evitare di danneggiare il circuito.

Terminato il montaggio, si colleghino due fili provvisori tra il secondario del trasformatore di uscita e l'altoparlante, della lunghezza di 10 centimetri circa.

MESSA A PUNTO

Dopo un accurato controllo del circuito, con l'aiuto sia dello schema che del disegno d'assieme, si può procedere al collegamento della batteria ed al controllo delle tensioni riportate nella tabella che pubblichiamo. Dette tensioni sono state misurate con un «tester» avente una sensibilità di 20.000 ohm/V.

Se tutte le tensioni sono corrette, si può iniziare la messa a punto vera e propria. Disponendo di un generatore di segnali, si inizierà con l'applicare il segnale di Bassa Frequenza (400 Hz), in parallelo al potenziometro. Non appena acceso l'apparecchio, col minimo di volume, si deve udire nettamente la nota attraverso l'altoparlante. Ciò significa che la sezione di B.F. funziona regolarmente. Ciò fatto si inietta il segnale di M.F. modulato, sulla base del transistore *OC44*, regolando i nuclei dei trasformatori di Media Frequenza (a partire dall'ultimo) sempre per la massima uscita. L'uscita può essere misurata — come sappiamo — con un voltmetro per c.a. ai capi della bobina mobile.

TABELLA delle TENSIONI

Elettrodi	OC44	OC45	OC45	OC75	2xOC72
Base	0,8	0,5	0,6	1,6	0,2
Collettore	8,1	8,1	8,1	7,8	9
Emettitore	0,8	0,4	0,5	1,7	—

Si osservi prima dell'applicazione del segnale a radiofrequenza, quanto è detto alla **figura 8**.

Per la messa a punto dell'Alta Frequenza, si proceda come segue: regolare il generatore su 580 kHz. Dopo aver preparato un'antenna fittizia come illustrato in **figura 9**, la si collega all'uscita del generatore come illustrato in **figura 10**. La bobina costituente questa antenna fittizia deve essere disposta coassialmente alla bobina di antenna in ferrite, per creare un accoppiamento induttivo. Chiudere il condensatore variabile del ricevitore tenendo semichiusi i due compensatori relativi, e ruotare il nucleo della bobina oscillatrice fino ad avere la massima uscita. Il segnale del generatore deve sempre essere regolato per avere una lettura verso il centro scala del voltmetro, tenendo al massimo il volume dell'apparecchio.

Si porti poi il generatore sulla frequenza di 1.600 kHz, e si apra completamente il variabile del ricevitore. Dopo di ciò, si regolino entrambi i compensatori del variabile per la massima uscita. Quest'ultima serie di operazioni deve essere ripetuta più volte per maggior si-

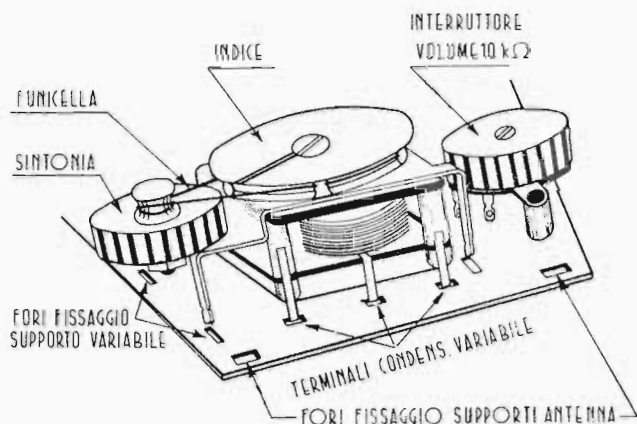
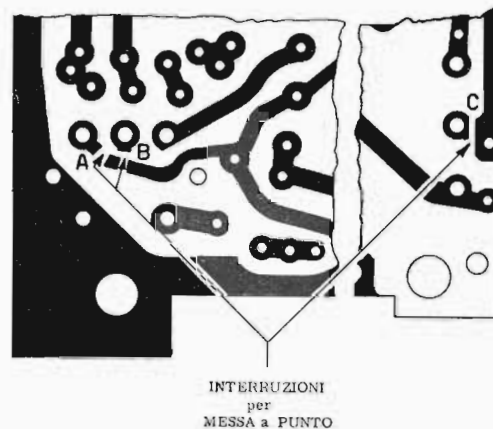



Fig. 7 - Questa unità, comprendente il condensatore variabile doppio, la relativa manopola demoltiplicata con indice, ed il potenziometro di volume con interruttore generale, viene fornita premontata. Occorre inserirla sulla basetta come indicato in figura e saldare i diversi terminali al circuito.

Fg. 8 - particolare, ingrandito, della basetta. In esso sono messi in evidenza i punti di interruzione (A/B e C). Unendo la striscia con l'occhiello A si ha un'amplificazione più alta: se risultasse tale da provocare oscillazioni si unisca, in suo luogo, la striscia con B. L'interruzione C serve per inserire un milliamperometro di controllo della corrente del « push-pull »: dopo il controllo si salderà l'occhiello alla striscia a fianco.

curezza. Alla fine, non resta che spostare la posizione dell'avvolgimento presente sul nucleo di ferrite di antenna, fino ad ottenere la massima resa.

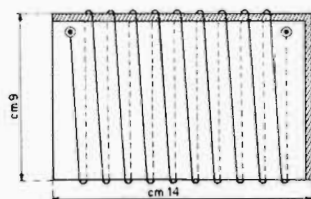



Fig. 9 - Dati costruttivi di un'antenna fittizia per il Generatore di segnali (oscillatore modulato). Le spire da avvolgere sono 55: si userà filo di rame isolato.

Per ultimo, si provvederà a fissare sia detta bobina che i nuclei dei trasformatori di M.F. e della bobina oscillatrice mediante qualche goccia di paraffina fusa, onde evitare che le eventuali vibrazioni compromettano la taratura.

Si tolgano i fili provvisori di allacciamento all'altoparlante, e si saldino i collegamenti definitivi. L'apparecchio è ora pronto per l'uso. Si noterà che, orientando in varie posizioni il ricevitore, la ricezione varierà conformemente. Ciò è dovuto al noto effetto direttivo dell'antenna.

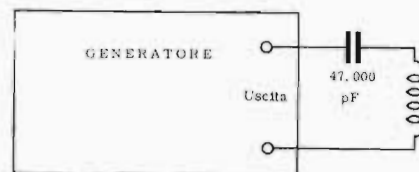



Fig. 10 - L'induttanza di cui alla figura a fianco sarà unita come da disegno al Generatore e sarà accoppiata al ricevitore per la taratura.

Ricevitore portatile a transistori ed a circuito stampato

I° PARTE

6 transistori + 1 diodo al germanio — Alta sensibilità — Potenza d'uscita indistorta di 400 mW — Alimentazione con due pile incorporate, da 6 volt — Circuito stampato — Dimensioni di cm 20 × 12 × 5.

Questo secondo modello che presentiamo ha caratteristiche alquanto diverse da quelle del modello precedente. Innanzitutto è realizzato in dimensioni maggiori, col vantaggio di poter installare un'antenna in ferrite più lunga, e quindi più sensibile, e dell'impiego di un altoparlante di maggiori dimensioni. In tal modo, oltre ad una maggiore sensibilità, si ottiene un rendimento migliore nei confronti della riproduzione delle frequenze acustiche più basse.

A ciò va aggiunto che il mobiletto, più spazioso e solido, agisce meglio del precedente da cassa armonica, migliorando ulteriormente la riproduzione.

Gli stadi di amplificazione e di rivelazione sono praticamente i medesimi, ad eccezione del fatto che lo stadio pilota del « push-pull » finale è in questo caso un transistore del tipo *OC71* invece che un *OC75*.

Un'altra differenza degna di nota è la presenza di un circuito di controreazione nella sezione di Bassa Frequenza, che, oltre a stabilizzare il funzionamento dell'intero circuito, migliora notevolmente la fedeltà di riproduzione, un po' a scapito però — come sappiamo — della potenza.

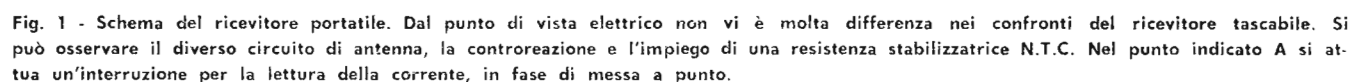
L'alimentazione avviene ad opera di una batteria a secco da 6 volt, più economica che non quella da 9 volt dell'apparecchio tascabile, sia perchè di costo leggermente inferiore, sia perchè, date le maggiori dimensioni, ha una durata notevole.

LO SCHEMA ELETTRICO

In questo circuito si nota, osservando lo schema elettrico di **figura 1**, che la bobina di aereo consta di un primario accordato, e di un secondario a bassa impedenza che fornisce il segnale allo stadio convertitore *OC44*. Entrambe tali bobine sono avvolte sul nucleo di ferrite, che in questo caso è di forma cilindrica.

La bobina oscillatrice, a nucleo regolabile, consta di un avvolgimento primario la cui presa intermedia è collegata, tramite un condensatore da 0,01 μF, all'ingresso dell'*OC44*, e di un avvolgimento secondario col-

Fig. 1 - Schema del ricevitore portatile. Dal punto di vista elettrico non vi è molta differenza nei confronti del ricevitore tascabile. Si può osservare il diverso circuito di antenna, la controreazione e l'impiego di una resistenza stabilizzatrice N.T.C. Nel punto indicato A si attua un'interruzione per la lettura della corrente, in fase di messa a punto.

ELENCO DEL MATERIALE

1 Piastra di bachelite con connessioni stampate . . . P/123
1 Bobina oscillatore A. F. per Onde Medie P/113
1 Antenna in ferrite, con avvolgimento tipo F P/114
1 Trasformatore di Media Frequenza per 1° stadio (giallo) P/110
1 Trasformatore di Media Frequenza per 2° stadio (rosso) P/111
1 Trasformatore di Media Frequenza per 3° stadio (blu) P/112
1 Condensatore variabile doppio P/123
1 Altoparlante da 89 mm diam. e 3,8 ohm A/435
1 Trasformatore B.F. interstadio P/168-3
1 Trasformatore B.F. d'uscita P/168-4
1 Potenziometro da 5.000 ohm con interruttore . . . P/193-1
1 Mobile completo di fondale e manopole U/78
1 Reostato da 3.000 ohm P/193-2
4 Condensatori da 160 pF 125 V B/26
2 Condensatori elettrol. 50 μF 12 V B/338-1
2 Condensatori elettrol. 10 μF 12 V B/337-1
5 Condensatori da 25.000 pF 25 V B/56
1 Condensatore da 10.000 pF 25 V B/54
1 Condensatore da 5.000 pF 125 V B/42
2 Condensatori ceramici a perlina, da 10 pF B/11
1 Resistenza tipo N.T.C. O1P/130 ohm D/60
2 Condensatori ceramici a pastiglia da 2.000 pF . . . B/23
2 Resistenze da 560 ohm, 1/4 di W D/67-2
1 Resistenza da 33 kohm, 1/4 di W D/67-2
1 Resistenza da 2.200 ohm, 1/4 di W D/67-2
1 Resistenza da 100 kohm, 1/4 di W D/67-2
4 Resistenze da 10 kohm, 1/4 di W D/67-2
1 Resistenza da 100 ohm, 1/4 di W D/67-2
5 Resistenze da 680 ohm, 1/4 di W D/67-2
1 Resistenza da 1.500 ohm, 1/4 di W D/67-2
2 Resistenze da 1.200 ohm, 1/4 di W D/67-2
1 Resistenza da 47 kohm, 1/4 di W D/67-2
1 Resistenza da 220 kohm, 1/4 di W D/67-2
1 Resistenza da 39 kohm, 1/4 di W D/67-2
1 Resistenza da 3,5 ohm, 1/4 di W D/67-2
1 Resistenza da 470 ohm, 1/4 di W D/67-2
2 Attacchi per supporto ferrite G/288
2 Supporti per portafili G/287
10 Dadi per viti da 3 mm. G/41
9 Viti da 3 x 6 mm G/21
4 Rondelle di fibra diam. 4 mm. G/321
3 Rondelle spaccate diam. 3 mm.
4 Distanziatori fissaggio piastra
4 Rondelle ferro diam. 3 mm
2 Pile da 6 volt . . . . . . : 421
1 Spezzone, cm 50 trecciola per altoparlante C/201
1 Spezzone cm 20 tubetto sterlingato C/352
1 Spezzone cm 10 filo rame stagnato C/151
1 Spezzone m 2 stagno perparato
2 Transistori tipo OC 72
1 Transistore tipo OC 44
2 Transistori tipo OC 45
1 Transistore tipo OC 71
1 Diodo tipo OA 70

legato tra il collettore e la presa di adattamento di impedenza del primario del primo trasformatore di Media Frequenza.

L'amplificatore di M.F. consta anche qui di due stadi e di tre trasformatori di accoppiamento, nei quali il solo primario è accordato. I due transistori che amplificano il segnale di M.F. sono ancora due *OC45*, la cui base è polarizzata attraverso il circuito *C.A.V.*

In assenza del segnale, poichè il primo *OC45* ha la base polarizzata negativamente, la resistenza da 10 kohm ed il condensatore da 10 μF filtrano la componente continua che polarizza anche il diodo *OA70*. Allorchè invece si riceve una emittente il cui segnale sia abbastanza forte, la componente continua diminuisce, con la conseguente riduzione della corrente di collettore e — quindi — del guadagno.

Come si nota, i due stadi di amplificazione a M.F. sono provvisti di due reti di reazione negativa del tipo *RC* in serie, che aumentano la stabilità di funzionamento.

Lo stadio rivelatore è convenzionale, e fornisce sia il segnale di B.F. che la tensione *C.A.V.*

Il potenziometro da 5 kohm, logaritmico, agisce da controllo di volume, ed è abbinato all'interrutore di accensione. Il segnale B.F. passa dal cursore alla base del transistore *OC71*, e quindi, attraverso il trasformatore di accoppiamento, allo stadio finale in «push-pull», in classe *B*. La resistenza *N.T.C.* (a coefficiente negati-

Fig. 2, e, in basso, figura 3 - Aspetto della basetta con circuito stampato vista dal lato dei componenti: dislocazione degli stessi e, nella seconda figura, unione con i relativi punti di saldatura alle strisce di collegamento.

tivo di temperatura), presente nel circuito di polarizzazione dei due transistori *OC 72*, assicura una certa stabilità dello stadio finale col variare della temperatura.

La controreazione è applicata, mediante una resistenza da 220 kohm ed un condensatore da 160 pF, in parallelo tra loro, tra un polo del secondario del trasformatore di uscita, e la base dello stadio pilota (*OC71*).

DOMANDE sulle LEZIONI 85ª e 86ª

N. 1 —
A quale circuito a valvola può essere paragonato un circuito a transistore con emettitore a massa?

N. 2 —
Dal punto di vista della struttura molecolare del cristallo, a quale transistore a giunzione può essere paragonato un transistore a punta di contatto la cui base sia del tipo *p*?

N. 3 —
Per quale motivo la variazione di corrente che si verifica nel circuito del collettore di un transistore a punta di contatto può essere maggiore di quella che si verifica nel circuito dell'emettitore?

N. 4 —
In cosa consiste un transistore tetrodo?

N. 5 —
Per quale motivo un transistore viene considerato un amplificatore di corrente piuttosto che di tensione?

N. 6 —
Per quale motivo le capacità di accoppiamento e di disaccoppiamento di uno stadio a transistori del tipo *RC* sono notevolmente maggiori che non in un circuito analogo a valvola?

N. 7 —
A quale scopo si usa la controreazione — o reazione negativa — in un circuito a transistori?

N. 8 —
Quali sono i casi principali in cui, negli amplificatori a transistori, si preferisce l'accoppiamento a trasformatore?

N. 9 —
Per quale motivo, allorchè si salda un terminale di un transistore, e sempre opportuno usare una pinzetta avente una certa massa?

N. 10 —
Per quale motivo, quando un apparecchio a transistori viene riparato, è bene sottoporlo per un certo tempo ad una temperatura ambiente elevata?

N. 11 —
Specificare le carateristiche dei tre circuiti fondamentali di impiego dei transistori.

N. 12 —
Come deve essere il rapporto di trasformazione dei trasformatori di accoppiamento per stadi a transistori? Per quale motivo?

N. 13 —
Per quale motivo, collegando una resistenza di valore adatto in serie all'emettitore, il transistore diventa meno sensibile alle variazioni di temperatura?

N. 14 —
Nell'apparecchio descritto alla lezione 86ª, i trasformatori di Media Frequenza hanno il solo primario accordato: per quale motivo?

N. 15 —
Quanti transistori occorrono per realizzare uno stadio convertitore a transistori?

RISPOSTE alle DOMANDE di Pag. 655

N. 1 — Il legame che consente agli elettroni esterni di un atomo di allacciarsi ad un atomo adiacente.

N. 2 — Le correnti negative sono costituite da veri e propri elettroni in movimento; le correnti positive dal movimento delle cavità lasciate dagli elettroni.

N. 3 — Una sostanza che offre una certa resistenza alla corrente, maggiore in un senso che nell'altro.

N. 4 — Un semiconduttore è di tipo *n* quando contiene un eccesso di elettroni, e di tipo *p* quando invece ne è in parte privo.

N. 5 — Due: a giunzione, ed a punta di contatto.

N. 6 — Il diodo a cristallo ha minime dimensioni, e non dissipa energia a vuoto in quanto non ha filamento. Per contro, il rapporto tra la resistenza inversa e quella diretta è minore che in un diodo a valvola.

N. 7 — La tensione applicata in modo da costringere la corrente a scorrere nel senso in cui la conduttività è inferiore.

N. 8 — Come una sostanza isolante.

N. 9 — Entrambi diventano semiconduttori.

N. 10 — Nei diodi a giunzione si hanno due sostanze, una di tipo *p* ed una di tipo *n*, in contatto tra loro. Nei tipi a punta di contatto, un elettrodo è in contatto con uno solo di tali semiconduttori. Il secondo si forma in prossimità della punta di contatto durante il processo di fabbricazione.

N. 11 — La presenza di tre zone nel cristallo, e di tre terminali facenti capo internamente a dette zone.

N. 12 — L'emettitore al catodo di una valvola, la base alla griglia, ed il collettore alla placca.

N. 13 — Innanzitutto due categorie: a giunzione ed a punta di contatto. Ciascuna di esse si suddivide — a sua volta — in transistori *p-n-p* ed *n-p-n*.

N 14 — Nei transistori *n-p-n* la corrente circolante è costituita da elettroni, come nelle valvole. La polarità è anch'essa analoga a quella delle valvole, in quanto l'emettitore (catodo) viene connesso al polo negativo, ed il collettore (placca) al polo positivo. Nei tipi *p-n-p* la corrente è costituita essenzialmente da cavità, e le polarità sono opposte.

N. 15 — Come nel diodo, nel transistore a giunzione si hanno tre zone distinte. Nel tipo a punta di contatto il cristallo è unico (tipo *n* o *p*), e le regioni, rispettivamente *p* o *n*, si creano durante la fabbricazione.

N. 16 — Variando la polarizzazione della base.

N. 17 — In quanto le variazioni della tensione di base determinano variazioni della corrente di emettitore e di collettore pressochè eguali, nonstante l'elevata differenza della resistenza dei due circuiti.

N. 18 — La presenza di un secondo elettrodo in contatto con la base, che limita la superficie attiva, se opportunamente polarizzato.

N. 19 — La frequenza in corrispondenza della quale il fattore *alfa* diminuisce al 70,7% del valore originale.

N. 20 — Il fatto che, aumentando la tensione diretta oltre un dato valore, la corrente diminuisce invece di aumentare.

Ricevitore portatile a transistori ed a circuito stampato

II° PARTE

IL MONTAGGIO

Circa le operazioni di montaggio, non abbiamo molto da aggiungere a quanto detto in merito all'apparecchio precedentemente descritto. Anche in questo caso i numerosi disegni riportati possono guidare nella realizzazione meglio di qualsiasi descrizione.

La **figura 2** illustra il pannello visto superiormente, ossia dal lato dei componenti. La disposizione di questi ultimi deve essere rigorosamente rispettata per non incontrare inconvenienti in fase di messa a punto.

Si inizierà il montaggio applicando i supporti delle pile, il condensatore variabile, il potenziometro e le squadrette di supporto dell'antenna, tutte mediante viti. Le altre parti verranno invece fissate progressivamente mediante saldatura.

Fig. 4 - La basetta con tutti i componenti montati, ad eccezione dell'altoparlante (che è fissato al mobiletto) e delle pile.

Si proseguirà con i tre trasformatori di M.F., di cui il primo è contraddistinto col colore giallo, il secondo col colore rosso ed il terzo col blu: indi verrà installato il trasformatore interstadio di Bassa Frequenza (rosso), ed il trasformatore di uscita (giallo). In seguito verrà fissata la resistenza semifissa da 3 kohm, e per ultima, data la sua delicatezza, la bobina oscillatrice.

Dopo aver fissato i componenti più ingombranti, si procederà con l'installazione delle resistenze e dei condensatori.

Fig. 5 - Con maggiori particolari della figura 3 sono qui illustrati i vari componenti nella loro dislocazione sulla piastra del circuito stampato: sono messi in evidenza i diversi collegamenti che fanno capo ai vari avvolgimenti relativi all'antenna in ferrite.

Fig. 6 - Particolare della piastra illustrante il collegamento dei due conduttori della bobina mobile dell'altoparlante: uno è connesso a massa e l'altro ad un punto corrispondente alla controreazione (secondario del trasformatore TU).

Si tenga presente che, per quanto riguarda i condensatori elettrolitici forniti nella scatola di montaggio, la cui polarità deve essere rigorosamente rispettata così come è indicata nello schema, il polo positivo è quello isolato, mentre quello negativo è in contatto diretto con l'involucro metallico.

Le connessioni al potenziometro verranno completate col filo fornito unitamente al materiale. Oltre ai collegamenti alle bobine, all'altoparlante ed alla batteria, queste sono le uniche connessioni che non fanno parte del circuito stampato.

Per ultimi, verranno installati i transistori ed il diodo. Si rammenti a tale proposito che nei transistori, il terminale del collettore è contraddistinto — come già abbiamo visto — da un puntino rosso sull'involucro. Il terminale centrale corrisponde alla base, a l'altro allo emettitore.

Per completare le operazioni di montaggio, si applicherà infine l'antenna.

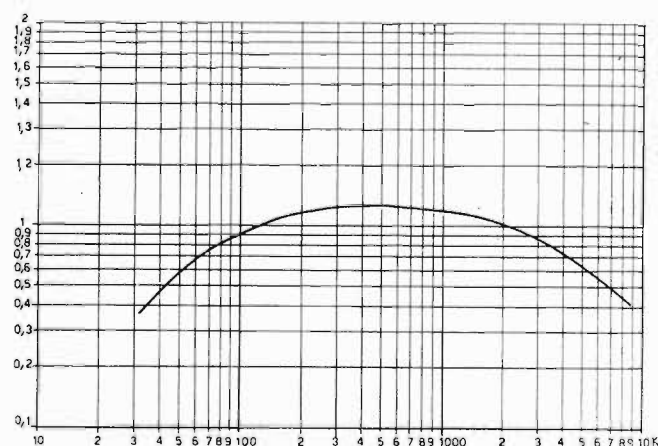



Fig. 7 - Curva del responso totale alla Bassa Frequenza. In basso i valori di frequenza in Hertz e, a sinistra, tensione d'uscita relativa in volt.

Per maggior chiarezza, le **figure 3**, **4**, e **5** illustrano il telaio montato e visto dal lato dei componenti, e la **figura 6** illustra invece i punti nei quali devono essere fissate le connessioni all'altoparlante. La **figura 7** riporta la curva di responso. Le figure **8**, **9**, **10** illustrano ancora le varie fasi del montaggio.

MESSA A PUNTO

Anche per questo apparecchio la messa a punto può essere effettuata mediante un comune generatore di segnali, un «tester» da 20 kohm/V ed un'antenna fittizia analoga a quella descritta per la taratura del ricevitore precedente.

Si provveda innanzitutto al controllo delle tensioni, che devono corrispondere, con una tolleranza del 10% circa, a quelle elencate nella tabella riportata. Se tutte

TABELLA delle TENSIONI

Tipo di Transistore	Collettore		Base		Emettitore	
	V_c V	I_c mA	V_b V	I_b μA	V_e V	I_e μA
OC 44	4,2	0,46	0,76	9,5	0,7	82
I° OC 45	4,6	0,9	0,7	8,8	0,58	87
II° OC 45	4,7	0,77	0,68	9,1	0,49	32
OC 71	5,8	1,4	0,92	1,3	0,82	1250
2 x OC 72	6	3,7	0,24	6,6	0,04	8,10

le tensioni sono normali, e se dal consueto controllo eseguito sulla scorta dello schema elettrico e delle varie illustrazioni, non è emerso alcun errore di collegamento, si può senz'altro procedere al collaudo ed alla taratura.

Per il controllo della sezione di Bassa Frequenza, si interrompa il circuito nel punto contrassegnato con **A** sullo schema, e si introduca un milliamperometro da 10 mA fondo scala. Dopo aver accese l'apparecchio, completo di batterie, si regoli la resistenza semifissa da 3 kohm fino ad avere una indicazione di 3,9 mA.

Applicare il «tester» predisposto per la misura di 5 volt fondo scala in c.a., in parallelo alla bobina mobile, ed iniettare tra il cursore del potenziometro (punto **B** sullo schema), e la massa, un segnale di Bassa Frequenza a 400 Hz, con un'ampiezza di 6,2 mV. Il misuratore di uscita deve indicare 200 mV, con buona approssimazione.

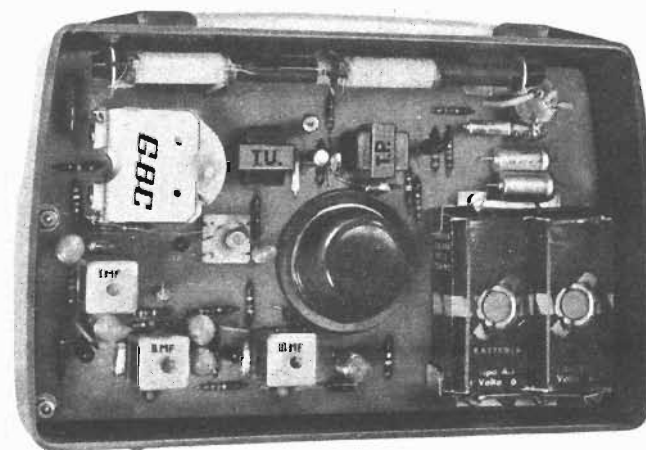



Fig. 8 - Fotografia dell'interno dell'apparecchio montato e sistemato nel proprio mobiletto. Un apposito fondale lo chiude e lo protegge da questo lato.

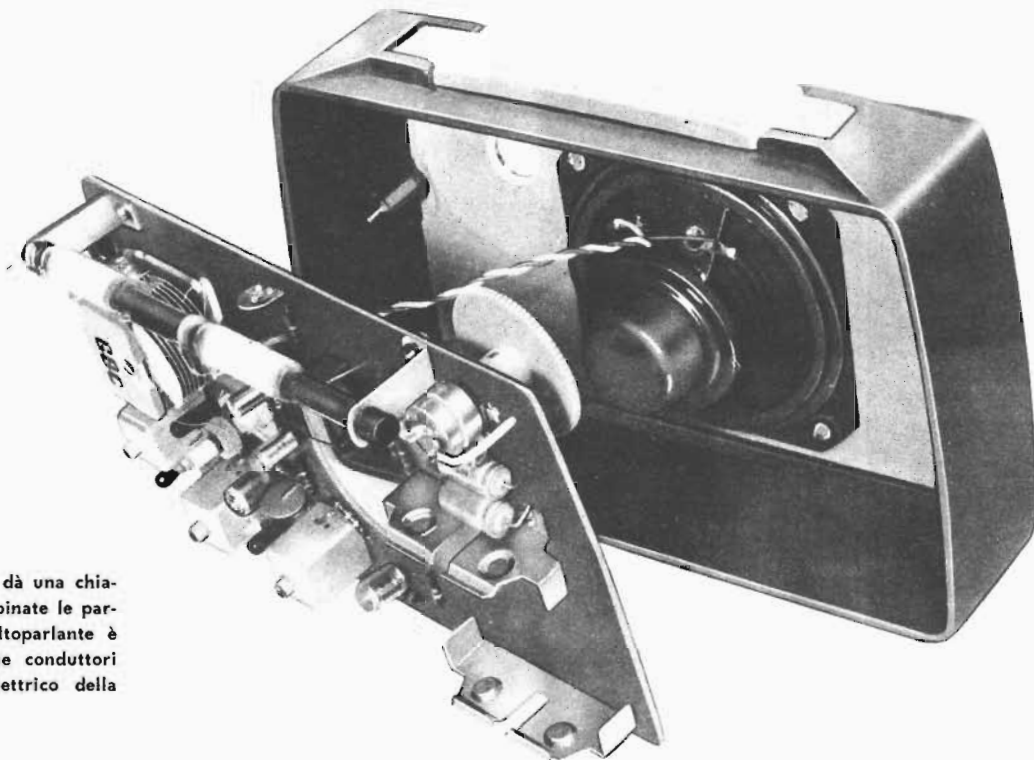



Fig. 9 - Questa illustrazione dà una chiara idea di come vengono abbinate le parti, piastra e mobiletto. L'altoparlante è fissato a quest'ultimo e due conduttori servono al collegamento elettrico della bobina mobile.

Ciò fatto, in corrispondenza della base del secondo transistore *OC45*, si inietta un segnale alla frequenza di 468 kHz, regolando come al solito l'uscita del generatore fino ad avere letture intorno al centro scala, e tenendo il volume del ricevitore al massimo. Regolare il nucleo del terzo trasformatore di M.F. per la massima uscita, e ripetere l'operazione per i due stadi precedenti, iniettando il medesimo segnale prima sulla base del primo transistore *OC45*, e poi su quella dell'*OC44*.

Fig. 10 particolari del montaggio dell'altoparlante nel mobile. Si noti la vite con distanziatore che serve a tenere nella dovuta posizione la basetta - telaio del ricevitore.

E' consigliabile ripetere l'intera operazione almeno due volte, onde assicurare una messa a punto perfetta.

A questo punto non rimane che tarare la sezione di Alta Frequenza. Collegare a tale scopo l'antenna fittizia precedentemente descritta al generatore di segnali, (l'antenna comprende il condensatore da 47.000 pF) ed accoppiarla alla bobina di antenna del ricevitore, spostandola fino ad eliminare gli eventuali inneschi.

Predisporre il generatore sulla frequenza di 520 kHz, e, col condensatore variabile completamente chiuso, regolare il nucleo della bobina oscillatrice fino ad avere la massima indicazione sullo strumento. Si consiglia di effettuare questa operazione tenendo i compensatori del condensatore variabile quasi chiusi.

Portare quindi il generatore sulla frequenza di 1.500 kHz, ed aprire completamente il variabile del ricevitore. Regolare i compensatori del variabile fino ad avere la massima indicazione sullo strumento. Ritoccare il nucleo della bobina oscillatrice, dopo aver predisposto nuovamente sia il generatore che l'apparecchio su 520 kHz. Per ultimo spostare il lato della bobina di aereo indicato con **C** sullo schema, fino ad avere la massima uscita.

Tutte queste operazioni — ripetiamo — dovranno, per maggior sicurezza, essere ripetute, onde ottenere la messa a punto più accurata.

Per ultimo, non rimane che fissare le bobine di antenna ed i nuclei dei trasformatori di Media Frequenza con qualche goccia di paraffina fusa, per evitare il disallineamento in seguito a vibrazioni meccaniche.

La tabella che qui presentiamo elenca i dati tipici di funzionamento dei principali transistori del tipo n-p-n. Ad essa farà seguito una seconda serie, relativa ai tipi p-n-p. Come si nota, sono riportati i dati generici, e quelli riferiti alla temperatura di 25° C.

In caso di dubbio sul significato delle sigle riportate nella testata della tabella, il lettore potrà consultare l'elenco pubblicato nella lezione 84ª, a pag. 666.

Nella colonna contrassegnata « TIPO N° », i transistori sono stati elencati in ordine alfabetico o numerico, a seconda che la denominazione sia europea o americana.

La seconda colonna è riferita al tipo del cristallo e le sigle ivi riportate hanno i seguenti significati:

AJ = Transistore a giunzione a lega
DJ = Transistore a giunzione diffusa
GJ = Giunzione per accrescimento

Come per le valvole, diverse fabbriche, sia americane che europee si sono specializzate nella produzione di transistori di ogni tipo, e, come è facile notare, molti dei tipi prodotti si equivalgono nelle caratteristiche.

Le varie fabbriche produttrici sono rappresentate da sigle nella terza colonna, come segue:

GE = General Electric
PL = Philips
RC = RCA
SM = Siemens
SV = Sylvania
TI = Texas Instruments

La quarta colonna, contrassegnata « IMPIEGO », elenca le possibilità di utilizzazione di ogni singolo transistore, secondo il seguente codice:

1 = Amplificatore B.F. fino a 20 kHz
2 = Amplificatore M.F. fino a 650 kHz
3 = Amplificatore A.F. oscillatore o mescolatore, fino a 2 MHz
4 = Amplificatore A.F., oscillatore o mescolatore, fino a 15 MHz
5 = Amplificatore A.F. fino a 2 MHz
6 = Impieghi generici, (oscillatore B.F., transistore di commutazione, ecc.)
7 = Transistore di commutazione
8 = Amplificatore finale in classe A
9 = Amplificatore finale in classe B

L'ultima colonna è riferita ai collegamenti allo zoccolo (terminali), e le sigle riportate corrispondono ciascuna ad una delle figure. Queste ultime rappresentano il transistore visto dal di sotto. I terminali (generalmente sotto forma di reofori) sono rappresentati in sezione dai tondini neri.

In caso di dubbio, o nei casi in cui manca il riferimento alle connessioni, esse potranno essere dedotte come segue: innanzitutto il collettore è generalmente contraddistinto da un puntino colorato posto sull'involucro. Se i tre terminali sono allineati, quello centrale è generalmente la base, ed è di solito più vicino a quello dell'emettitore che a quello del collettore. Se invece sono disposti secondo un triangolo, essi sono disposti in senso orario, nell'ordine: emettitore, base, collettore: quest'ultimo — ripetiamo — è individuabile mediante il puntino di riferimento. Nei transistori di potenza, il collettore è generalmente unito all'involucro esterno, onde consentire la massima dispersione del calore.

In ogni caso, qualora i dati forniti non fossero sufficienti per determinare le connessioni, si ricordi che la resistenza **nel senso di conduzione favorevole,** presente tra l'emettitore e la base, è sempre inferiore a quella presente tra base e colletore. Misurando con un ohmetro, sarà dunque sufficiente stabilire quale dei tre terminali (base) presenta una resistenza maggiore rispetto ai due restanti (in tal caso rispetto al collettore), e minore rispetto all'altro (emettitore). Ovviamente, la resistenza misurata tra emettitore e collettore è maggiore di entrambe.

Collegamenti allo zoccolo di alcuni dei transistori elencati nella tabella. Per i tipi le cui connessioni non sono illustrate, vengono dati nel testo ragguagli per trovarle mediante verifica con un ohmetro.

TIPO N°		FABBRICANTE	IMPIEGO	TENSIONE COLLETTORE	CORRENTE COLLETTORE	TEMPERATURA alla GIUNZIONE	Con TEMPERATURA AMBIENTE di 25°				Per I_e = 1mA			FREQUENZA di TAGLIO		FIGURA
n-p-n	TIPO			V_{ce}	I_{co}	T_{jmax}	Pc_{max}	V_{cep}	I_{cp}	I_{co}	α_{FE}	α_{FE}	α_{FE}	f_{α}	$f_{\alpha FE}$	
				V	mA	°C	mW	V	mA	μA	min.	max.	med.	MHz	kHz	
OC139	DJ	PL	7	10	200	75	100	20	250	20	20	80	-	3,5	-	-
OC140	DJ	PL	7	10	200	75	100	20	250	20	50	150	-	4,5	-	-
OC141	DJ	PL	7	10	200	75	100	20	250	20	100	300	-	9	-	-
TF70	GJ	SM	1-6	5	10	-	100	30	25	110	-	-	10	0,25	30	-
TF71	GJ	SM	1-6	5	10	-	75	30	25	210	-	-	24	0,4	20	-
TF72	GJ	SM	1-6	5	1	-	50	30	25	400	49	-	99	0,5	-	-
2N78	GJ	GE	2-3	5	1	85	65	15	20	1	-	-	40	6	-	-
2N94	GJ	SV	2	6	1	75	50	20	50	5	-	-	-	4	-	-

TIPO N°		FABBRICANTE	IMPIEGO	TENSIONE COLLETTORE	CORRENTE COLLETTORE	TEMPERATURA alla GIUNZIONE	Con TEMPERATURA AMBIENTE di 25°				Per $I_e = 1mA$			FREQUENZA di TAGLIO		FIGURA
n-p-n	TIPO			V_{ce}	I_{co}	T_{jmax}	$P_{c_{max}}$	V_{cep}	I_{cp}	I_{co}	α_{FE}	α_{FE}	α_{FE}	f_{α}	$f_{\alpha FE}$	
				V	mA	°C	mW	V	mA	µA	min.	max.	med.	MHz	kHz	
2N94A	GJ	SV	2-7	6	1	75	50	20	50	5	-	-	-	7	-	-
2N164A	GJ	GE	1-2	5	1	85	65	15	20	1	-	-	40	8	-	-
2N165	GJ	GE	1-2	5	1	85	65	15	20	1	-	-	72	5	-	-
2N166	GJ	GE	6	5	0,5	50	25	6	20	5	-	-	32	5	-	-
2N167	GJ	GE	6-7	5	0,5	85	75	30	75	8	-	-	36	8	-	-
2N168A	GJ	GE	1-2	5	1	85	65	15	20	1	-	-	40	8	-	-
2N169	GJ	GE	1-2	5	1	75	55	15	20	1	-	-	72	5	-	-
2N170	GJ	GE	2-6	5	1	50	25	6	20	5	-	-	32	5	-	-
2N193	GJ	SV	2	6	1	75	50	15	50	5	-	-	7,5	2	-	-
2N194	GJ	SV	2	6	1	75	50	25	50	5	-	-	8	2	-	-
2N211	GJ	SV	2	6	1	75	50	10	50	7	-	-	10	2	-	-
2N212	GJ	SV	2-3	7,5	0,5	75	50	10	50	8	-	-	10	4	-	-
2N213	GJ	SV	1	9	1	75	50	25	100	10	-	-	150	0,6	-	-
2N214	GJ	SV	1	12	1	75	125	25	-	10	-	-	70	-	-	-
2N216	GJ	SV	2	9	1	75	50	15	-	10	-	-	7,5	2	-	-
2N228	GJ	SV	1	6	1	75	50	25	-	15	-	-	70	0,6	-	-
2N229	GJ	SV	1-6	6	1	75	50	12	40	15	-	-	24	0,55	-	-
2N233	GJ	SV	6-7	6	-	75	50	25	-	15	-	-	70	0,6	-	-
2N253	GJ	TI	1-2	9	-	75	65	12	5	9	-	-	10	2,5	-	A
2N254	GJ	TI	1-2	9	-	75	65	20	5	9	-	-	15	3	-	A
2N293	GJ	GE	3-6	5	-	85	65	15	20	1	-	-	25	8	-	A
2N306	GJ	SV	6	7,5	-	75	50	15	-	15	-	-	97	-	-	A
2N313	GJ	GE	3-6	5	-	85	65	15	20	1	-	-	25	5	-	-
2N314	GJ	GE	3-6	5	-	85	65	15	20	1	-	-	25	8	-	-
2N356	AJ	RC	7	0,25	100	-	100	18	500	5	-	-	30	3	-	B
2N357	AJ	RC	7	0,25	200	-	100	15	500	5	-	-	30	6	-	B
2N358	AJ	RC	7	0,25	300	-	100	12	500	5	-	-	30	9	-	B
2N377	AJ	SV	6-7	20	-	100	150	20	200	6	-	-	30	4	-	-
2N385	AJ	SV	2-7	20	-	100	150	25	200	6	-	-	60	4	-	-
2N388	AJ	SV	3-7	20	-	100	150	20	200	6	-	-	80	8	-	-
2N430	ST	GE	3-6	5	-	150	150	10	30	0,2	-	-	7	25	-	-
2N431	ST	GE	3-6	5	-	150	150	15	30	0,2	-	-	15	23	-	-
2N432	ST	GE	3-6	5	-	150	150	15	30	0,2	-	-	35	25	-	-
2N433	ST	GE	3-6	5	-	150	150	15	30	0,2	-	-	60	28	-	-
2N434	ST	GE	3-6	5	-	150	150	15	30	0,2	-	-	110	30	-	-
2N448	GJ	GE	2-6	5	-	75	65	15	20	1	-	-	72	5	-	-
2N449	GJ	GE	2-6	5	-	75	65	15	20	1	-	-	72	5	-	-
2N585	AJ	RC	7	0,2	20	71	120	20	200	3	-	-	40	5	-	B
2N95	AJ	SV	8-9	12	-	75	2	30	1,5	0,1	-	-	40	0,4	-	-
2N102	AJ	SV	8-9	12	-	75	1	30	1,5	0,1	-	-	40	0,4	-	-
2N142	AJ	SV	8-9	24	-	75	1	30	0,8	0,15	-	-	40	0,4	-	-
2N144	AJ	SV	8-9	24	-	75	1	30	0,8	0,15	-	-	40	0,4	-	-
2N326	AJ	SV	8-9	12	-	85	7	35	2	0,2	-	-	40	0,15	-	-
2N451	ST	GE	7-8-9	30		150	85	65	5	10	-	-	15	0,5	-	-

HEATH COMPANY

a subsidiary of Daystrom, Inc.

Voltmeter KIT

CARATTERISTICHE

MODELLO

V-7A

Strumento	200 microampere, 112 m/m di scala
Resistenze	Custodia in polystyrene di precisione tarate all'1%

VOLTMETRO ELETTRONICO IN C.C.	
7 scale	1,5, 5, 15, 50, 150, 500 e 1500 V di fondo scala con puntale aggiuntivo si può ottenere un fondo scala di 30.000 Volt
Resistenza d'ingresso	11 megaohm (1 MΩ nel puntale) per tutte le scale Con il puntale aggiuntivo 1.100 MΩ
Sensibilità	7.333.333 ohm per Volt sulla scala 1,5 V
Circuito	Ponte bilanciato (push-pull) facente uso di un doppio triodo
Precisione	± 3% fondo scala
VOLTMETRO ELETTRONICO IN C.A.	
7 scale a valore efficace	1,5, 5, 15, 50, 150, 500, 1500 Volt fondo scala, valore efficace (ossia 0,707 del picco positivo)
Precisione	± 5% fondo scala
7 scale a valore picco-picco	4, 14, 40, 140, 400, 1400 4000 Volt
OHMMETRO ELETTRONICO	
7 scale	Scala con 10 ohm al centro x 1, x 10, x 100, x 1000, x 10 K, x 100 K, x 1 Meg - Misura da 0,1 ohm a 1000 MΩ con batterie interne.
Piastre di montaggio	Circuiti stampati, incisione metallica con piattina di rame da 0,35 m/m su piastra di materiale fenolico da 2,5 m/m
Tubi elettronici	1-12AU7; doppio triodo del ponte di misura - 1-6AL5; doppio diodo rettificatore doppia onda
Batteria	1,5 Volt
Dimensioni	Altezza 18 cm; larghezza 12 cm; profondità 10,3 cm
Peso (imballo compreso)	ca 3,15 Kg
Alimentazione	105 - 125 Volt - 50÷60 Hz - 10 Watt

RAPPRESENTANTE GENERALE PER L'ITALIA

LARIR soc. r. l. **MILANO** P.zza 5 GIORNATE 1
Telefoni: 795.762 - 795.763

AGENTI ESCLUSIVI DI VENDITA PER: LAZIO - UMBRIA - ABRUZZI

Soc. FILC RADIO - ROMA
Piazza Dante, 10 - Telefono 736.771

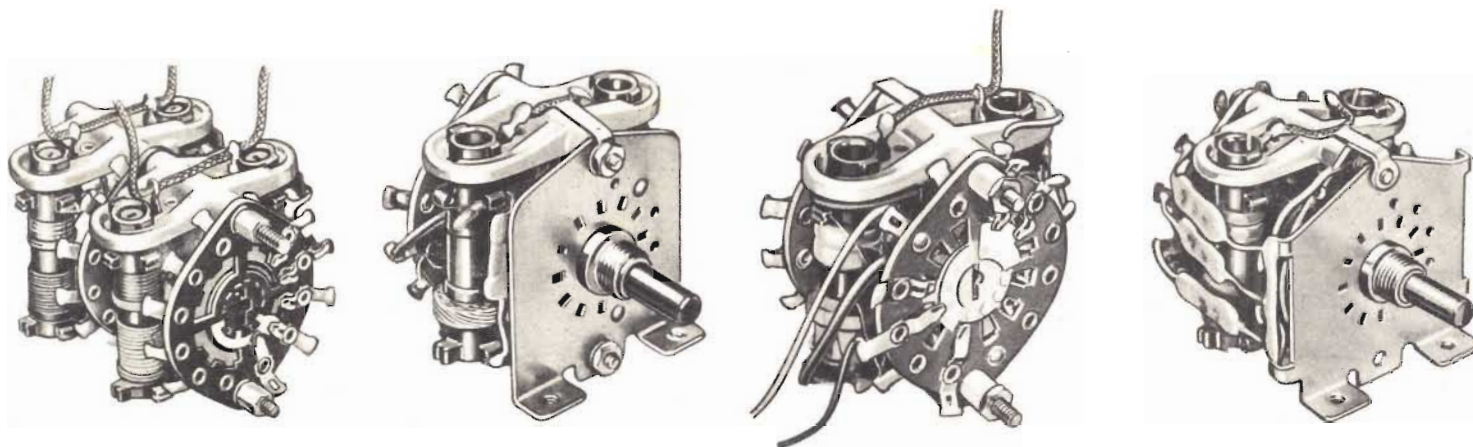
EMILIA - MARCHE

Ditta A. ZANIBONI - BOLOGNA
Via Azzogardino, 2 - Telefono 263.359

GELOSO

Dal 1931 su tutti i mercati del mondo

PARTI STACCATE PER RADIO - TELEVISIONE - AMPLIFICAZIONE - APPARECCHI ELETTRONICI

GRUPPI PER RICEVITORI A MODULAZIONE DI AMPIEZZA

CHIEDETE IL LISTINO DELLE PARTI STACCATE ED IL "BOLLETTINO TECNICO GELOSO„

Direzione Centrale: **GELOSO** S.p.A. Viale Brenta 29 - MILANO 808